المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم
Ministry of Education

قــررت وزارة الــتـعـلـيـم تــدريـس
هــذا الـكـتـاب وطـبـعـه عـلـى نفقتها

الأحياء 2-1

السنة الثانية

التعليم الثانوي - نظام المسارات

قام بالتأليف والمراجعة

فريق من المتخصصين

طبعة 1447 - 2025

يوزع مجاناً ولا يباع

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ح المركز الوطني للمناهج ، ١٤٤٦هـ

المركز الوطني للمناهج
الأحياء ٢-١ - التعليم الثانوي - السنة الثانية - نظام المسارات./
المركز الوطني للمناهج.- الرياض ،١٤٤٦هـ
٢٧٥ ص ؛ ٢٧,٥ x ٢١سم

رقم الإيداع :١٦٤٨٩/ ١٤٤٦
ردمك :٧- ٠١- ٨٥٣٣- ٦٠٣- ٩٧٨

حقوق الطبع والنشر محفوظة لوزارة التعليم
www.moe.gov.sa

مواد إثرائية وداعمة على "منصة عين الإثرائية"

ien.edu.sa

أعزاءنا المعلمين والمعلمات، والطلاب والطالبات، وأولياء الأمور، وكل مهتم بالتربية والتعليم:
يسعدنا تواصلكم؛ لتطوير الكتاب المدرسي، ومقترحاتكم محل اهتمامنا.

fb.ien.edu.sa

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المقدمة

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحيمِ

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين، وعلى آله وصحبه أجمعين.
وبعد، يأتي اهتمام المملكة بتطوير المناهج الدراسية وتحديثها من منطلق أحد التزامات رؤية المملكة العربية السعودية (2030) وهو "إعداد مناهج تعليمية متطورة تركز على الممارسات الأساسية بالإضافة إلى تطوير المواهب وبناء الشخصية".

ويأتي كتاب أحياء 2 لنظام المسارات في التعليم الثانوي داعمًا لرؤية المملكة العربية السعودية (2030) نحو الاستثمار في التعليم عبر "ضمان حصول كل طالب على فرص التعليم الجيد وفق خيارات متنوعة" بحيث يكون الطالب هو محور العملية التعليمية التعلميّة.

وقد جاء تنظيم وبناء محتوى كتاب الطالب بأسلوب مشوّق وبطريقة تشجّع الطالب على القراءة الواعية والنشطة، وتسهّل عليه بناء أفكاره وتنظيمها، وممارسة العلم كما يمارسه العلماء وبما يعزز أيضًا مبدأ رؤية (2030) "نتعلم لنعمل"، من خلال إتاحة الفرص المتعددة للطالب لممارسة الاستقصاء العلمي بمستوياته المختلفة، المبنيّ والموجّه والمفتوح.

يبدأ كل فصل من فصول الكتاب بالفكرة العامة التي تقدم صورة شاملة لمحتواه. ثم ينفّذ الطالب "التجربة الاستهلالية" التي تساعد على تكوين نظرة شاملة عن محتوى الفصل. وتمثّل التجربة الاستهلالية أحد أشكال الاستقصاء (المبني)، كما تتيح في نهايتها ممارسة شكل آخر من أشكال الاستقصاء (الموجّه) من خلال سؤال الاستقصاء المطروح. وتتضمّن النشاطات التمهيدية للفصل إعداد مطوية تساعد على تلخيص أبرز الأفكار والمفاهيم التي يتناولها الفصل. وهناك أشكال أخرى من النشاطات الاستقصائية التي يمكن تنفيذها في أثناء دراسة المحتوى، ومنها مختبرات تحليل البيانات، أو التجارب العملية السريعة، أو مختبر الأحياء الذي يرد في نهاية كل فصل ويتضمن استقصاءً مفتوحًا في نهايته.

تقسم فصول الكتاب إلى أقسام، يتضمن كلٌّ منها في بدايته ربطًا بين المفردات السابقة والمفردات الجديدة، وفكرةً رئيسةً مرتبطة مع الفكرة العامة للفصل. كما يتضمّن القسم أدواتٍ أخرى تساعد على تعزيز فهم المحتوى، منها ربط المحتوى مع واقع الحياة، أو مع العلوم الأخرى، وشرحًا وتفسيرًا للمفردات الجديدة التي تظهر مظلَّلة باللون الأصفر، وأسئلة تعمّق معرفة الطالب بمحتوى المقرر واستيعاب المفاهيم والمبادئ العلمية الواردة فيه. ويدعم عرض المحتوى في الكتاب مجموعة من الصور والأشكال والرسوم التوضيحية المختارة والمعدة بعناية لتوضيح المادة العلمية وتعزيز فهم مضامينها. ويتضمّن الكتاب مجموعة من الشروح والتفسيرات، تقع في هوامش الكتاب، منها ما يتعلق بالربط بمحاور رؤية (2030) وأهدافها الاستراتيجية، وبالمهن، أو التمييز بين الاستعمال العلمي والاستعمال الشائع لبعض المفردات، وبعضها إرشادات للتعامل مع المطوية التي يعدّها الطالب في بداية كل فصل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المقدمة

وقد وظّفت أدوات التقويم الواقعي في التقويم بمراحله وأغراضه المختلفة: القبلي، والتشخيصي، والتكويني (البنائي) والختامي (التجميعي)؛ إذ يمكن توظيف الصورة الافتتاحية في كل فصل، والأسئلة المطروحة في التجربة الاستهلالية بوصفها تقويمًا قبْليًّا تشخيصيًّا لسبر واستكشاف ما يعرفه الطلاب عن موضوع الفصل. ومع التقدم في دراسة كل جزء من المحتوى يُطرح سؤالٌ تحت عنوان "ماذا قرأت؟"، وتجد تقويمًا خاصًّا بكل قسم من أقسام الفصل يتضمّن أفكار المحتوى وأسئلةً تساعد على تلمُّس جوانب التعلُّم وتعزيزه، وما قد يرغب الطالب في تعلمه في الأقسام اللاحقة. وفي نهاية الفصل يأتي دليل مراجعة الفصل متضمِّنًا تذكيرًا بالفكرة العامة والأفكار الرئيسة والمفردات الخاصة بأقسام الفصل، وخلاصة بالمفاهيم الرئيسة التي وردت في كل قسم. يلي ذلك تقويم الفصل والذي يشمل أسئلة وفقرات متنوعة تستهدف تقويم تعلم الطالب في مجالات عدة، هي: مراجعة المفاهيم، وتثبيت المفاهيم الرئيسة، والأسئلة البنائية، والتفكير الناقد، ومهارات الكتابة في علم الأحياء، وأسئلة المستندات المتعلقة بنتائج بعض التقارير أو البحوث العلمية، بالإضافة إلى فقرات خاصة بالمراجعة التراكمية. كما يتضمّن الكتاب في نهاية كل فصل اختبارًا مقنَّنًا يتضمّن أسئلة وفقرات اختبارية تسهم في إعداد الطلاب للاختبارات الوطنية والدولية، بالإضافة إلى تقويم تحصيلهم في الموضوعات التي سبقت دراستها.

ونسأله سبحانه أن يحقق الكتاب الأهداف المرجوّة منه، وأن يوفق الجميع لما فيه خير الوطن وتقدمه وازدهاره.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

قائمة المحتويات

دليل الطالب

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟ 7

الفصل 1

شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية 10

تجربة استهلالية 11

1-1: خصائص شوكيات الجلد 12

تجربة 1-1: 13

مختبر تحليل البيانات 1-1: 21

1-2: اللافقاريات الحبلية 22

إثراء علمي: شوكيات الجلد تساعد على البحث الطبي 27

مختبر الأحياء 28

دليل مراجعة الفصل 29

تقويم الفصل 30

الفصل 2

الأسماك والبرمائيات 34

تجربة استهلالية 35

1 – 2 الأسماك 36

تجربة 1– 2 39

2–2 البرمائيات 49

مختبر تحليل البيانات 1 – 2 52

إثراء علمي: تشوهات خلقية في الضفادع 57

مختبر الأحياء 58

دليل مراجعة الفصل 59

تقويم الفصل 60

الفصل 3

الزواحف والطيور 66

نشاط استهلالي 67

3–1 الزواحف 68

مختبر تحليل البيانات 1 – 3 75

3–2 الطيور 77

تجربة 1 – 3 83

إثراء علمي: الأنواع الدخيلة في البيئة 86

مختبر الأحياء 87

دليل مراجعة الفصل 88

تقويم الفصل 89

الفصل 4

الثدييات 94

تجربة استهلالية 95

4–1 خصائص الثدييات 96

تجربة 1 – 4 102

4–2 تنوع الثدييات 107

مختبر تحليل البيانات1–4 114

إثراء علمي: الكلاب المدربة المساعدة 115

مختبر الأحياء 116

دليل مراجعة الفصل 117

تقويم الفصل 118

الفصل 5

مقدمة في النباتات 122

تجربة استهلالية 123

5-1 النباتات اللاوعائية 124

مختبر تحليل البيانات 1-5 127

5-2 النباتات الوعائية اللابذرية 129

5-3 النباتات الوعائية البذرية 133

تجربة 1-5 137

إثراء علمي: علم حبوب اللقاح الجنائي 140

مختبر الأحياء 141

دليل مراجعة الفصل 142

تقويم الفصل 143

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 6

تركيب النبات ووظائف أجزائه 148
تجربة استهلالية 149
1-6 خلايا النبات وأنسجته 150
تجربة 1-6 152
2-6 هرمونات النباتات واستجاباتها 158
تجربة 2-6 160
إثراء علمي: النباتات ودفاعاتها 163
مختبر الأحياء 164
دليل مراجعة الفصل 165
تقويم الفصل 166

الفصل 7

التكاثر في النباتات الزهرية 172
تجربة استهلالية 173
1-7 الأزهار 174
تجربة 1-7 179
2-7 النباتات الزهرية 181
مختبر تحليل البيانات 1-7 186
إثراء علمي: النباتات المعدَّلة وراثيًّا (جينيًّا) 188
مختبر الأحياء 189
دليل مراجعة الفصل 190
تقويم الفصل 191

الفصل 8

تركيب الخلية ووظائفها 196
تجربة استهلالية 197
1-8 التراكيب الخلوية والعضيات 198
مختبر تحليل البيانات 1-8 203
مختبر تحليل البيانات 2-8 207
2-8 كيمياء الخلية 215
مختبر تحليل البيانات 3-8 218
إثراء علمي: استكشاف تقنية النانو 223
مختبر الأحياء 224
دليل مراجعة الفصل 225
تقويم الفصل 226

الفصل 9

الطاقة الخلوية 234
تجربة استهلالية 235
1-9 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟ 236
تجربة 1-9 238
2-9 البناء الضوئي 241
تجربة 2-9 243
3-9 التنفس الخلوي 249
مختبر تحليل البيانات 1-9 254
إثراء علمي: البناء الضوئي الاصطناعي 256
مختبر الأحياء 257
دليل مراجعة الفصل 258
تقويم الفصل 259

مرجعيات الطالب

المصطلحات 266

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

هذا الكتاب ليس كتاب ثقافة عامة، بل كتابًا علميًّا يصف مخلوقات حية، وعمليات حيوية، وتطبيقات تقنية. لذا فأنت تقرؤه لتحصيل العلم.
وفيما يأتي بعض الأفكار والإرشادات التي تساعدك على قراءته.

قبل أن تقرأ

اقرأ كلًّا من الفكرة العامة و الفكرة الرئيسة قبل قراءة الفصل أو في أثنائه؛ فهما تزودانك بنظرة عامة تمهيدية لهذا الفصل.

الفصل 1
شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية
Echinoderms and inverteberate chordates

الفكرة العامة لشوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية صفات تربطها مع الحبليات.

1–1 خصائص شوكيات الجلد
الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.

1–2 اللافقاريات الحبلية
الفكرة الرئيسة اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.

حقائق في علم الأحياء
- تستطيع ذراع واحدة من نجم البحر ذي الأشواك أن يلتهم ما بين $2–6\ m^2$ من المرجان كل عام.
- أذرع نجم البحر تحتوي على أشواك مغطاة بجلد مملوء بالسم.
- يحمي خيار البحر نفسه عن طريق تغيير قوام جسمه من حالة شبه سائلة إلى حالة صلبة ثم يعود إلى وضعه الطبيعي.

10

لكل فصل فكرة عامة تقدم صورة شمولية عنه. ولكل موضوع من موضوعاته فكرة رئيسة تدعم فكرته العامة.

طرائق أخرى للمراجعة

- اقرأ عنوان الفصل لتتعرّف موضوعاته.
- تصفح الصور والرسوم والجداول.
- ابحث عن المفردات البارزة المظلّلة باللون الأصفر.
- اعمل مخططًا للفصل باستخدام العناوين الرئيسة والعناوين الفرعية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

عندما تقرأ

في كل جزء من الفصل ستجد أساليب لتعميق فهمك للموضوعات التي ستدرسها، واختبار مدى استيعابك لها.

1–1

الأهداف

- **تلخص** الصفات العامة لشوكيات الجلد.
- **تقوّم** كيف مكّن الجهاز الوعائي المائي والأقدام الأنبوبية شوكيات الجلد من البقاء.
- **تميّز** بين طوائف شوكيات الجلد.

مراجعة المفردات

الهيكل الداخلي يوفر الهيكل الداخلي الدعامة والحماية، ويعمل نقطة ارتكاز لانقباض العضلات.

المفردات الجديدة

اللواقط القدمية
الجهاز الوعائي المائي
المصفاة
القدم الأنبوبية
الحوصلة العضلية

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

خصائص شوكيات الجلد
Echinoderm Characteristics

الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.

الربط مع الحياة لقياس ضغط الدم يمر الهواء في جهاز قياس ضغط الدم عبر أنبوب يوصله إلى رباط يُلف حول الذراع ويبقى مشدودًا حتى تحرير الهواء منه وطرده إلى الخارج. تستعمل بعض الحيوانات -شوكيات الجلد- المبدأ نفسه لتتحرك وتحصل على غذائها.

شوكيات الجلد ثانوية الفم
Echinoderms are Deuterostomes

الرخويات والديدان الحلقية والمفصليات التي درستها في مقرر احياء1 حيوانات بدائية الفم.

شوكيات الجلد حيوانات ثانوية الفم، وهذا تحول أساسي في العلاقات بين الحيوانات. لاحظ تفرع المخطط عند نقطة ثانوية الفم، **الشكل 1–1**.

يتكون الفم في بدائية الفم من فتحة الجاسترولا، في حين يتكون الفم في ثانوية الفم من مكان آخر في الجاسترولا، كما في شوكيات الجلد والحبليات. جميع شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي تضم 6000 نوع، منها نجم البحر وقنفذ البحر وخيار البحر ونجم البحر الهش وزنابق البحر ونجم البحر الريشي واللؤلئية البحرية. ويظهر **الشكل 1–1** نوعين من شوكيات الجلد.

الشكل 1 – 1 شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي أول الحيوانات التي لها فم ثانوي وهيكل داخلي.

12

الربط مع الحياة: يصف ارتباط المحتوى مع حياتك.

الاستجابة للمثيرات لشوكيات الجلد خلايا عصبية حسية حركية متفاوتة التعقيد بحسب أنواعها المختلفة. وعمومًا هناك حلقة عصبية تحيط بالفم مع تفرعات للحبال العصبية تتصل مع مناطق الجسم الأخرى جميعها. تستجيب الخلايا الحسية العصبية للمس، وللمواد الكيميائية المذابة في الماء، ولتيارات الماء، وللضوء. يوجد على النهايات الطرفية لنجم البحر بقع عينية، وهي مجموعة من الخلايا الحساسة للضوء، **الشكل 5–1**. وكثير من شوكيات الجلد تستطيع الإحساس في اتجاه الجاذبية؛ فنجم البحر مثلًا يعود إلى وضعه الطبيعي بعدما ينقلب بفعل الأمواج أو التيارات.

الحركة تتنوع طريقة الحركة في شوكيات الجلد بحسب أشكال الجسم؛ فتركيب الهيكل الداخلي مهم في تحديد نوع الحركة التي يستطيع القيام بها. إن حركة الصفائح العظمية المتحركة في الهيكل الداخلي لشوكيات الجلد تمكنها من الحركة بسهولة. ويتحرك نجم البحر الريشي بإمساك الرسوبيات الناعمة في قاع المحيط بواسطة زوائد طويلة نحيلة على السطح السفلي، أو بواسطة السباحة مع تحريك أذرعه إلى أعلى وإلى أسفل. ويستعمل نجم البحر الهش أقدامه الأنبوبية وأذرعه للزحف كالأفعى. بينما يتحرك نجم البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية، ويحفر بأشواكه المتحركة. بينما يزحف خيار البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية وعضلات جدار الجسم.

ماذا قرأت؟ **لخص** الطرائق التي تستعملها شوكيات الجلد في الحركة؟

التكاثر والنمو تتكاثر أغلب شوكيّات الجلد جنسيًّا عن طريق الإخصاب الخارجي؛ حيث تضع الأنثى البيض، ويقوم الذكر بإفراز الحيوانات المنوية في الماء، ثم يحدث الإخصاب. وتنمو البيضة المخصبة إلى يرقة تسبح بحرّية. وهي ذات تناظر جانبي. وبعد مرور اليرقة بعدة مراحل من التغيرات تنمو إلى حيوان بالغ له تناظر شعاعي.

يوضح **الشكل 6–1** تجديد (إعادة تكوين) الجزء المفقود في نجم البحر. الكثير من شوكيات الجلد -ومنها نجم البحر الهش- تستطيع التخلّص من أحد أذرعها عندما يهاجمها مفترس، وبعضها الآخر -ومنه خيار البحر- قادر على إخراج جزء من الأعضاء الداخلية عندما يتعرض للخطر، مما يمكّنه من الهروب مسببًا تشويشًا وإرباكًا للمفترس. ومن الممكن أن تتجدد جميع أجزاء الجسم التي فقدت.

الشكل 5–1 يرفع نجم البحر نهاية ذراعه للإحساس بالضوء والحركة.

تجربة علمية
ما الصفات التي تمكّن شوكيات الجلد من البقاء في البيئة؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشكل 6–1 يجدّد نجم البحر إحدى أذرعه، وهي عملية قد تستمر عامًا.
وضح. كيف تساعد عملية تجدُّد أعضاء الجسم شوكيات الجلد على البقاء؟

16

ماذا قرأت؟ أسئلة تقوّم مدى فهمك لما درسته.

مهارات قرائية

- اسأل نفسك: ما الفكرة العامة؟ وما الفكرة الرئيسة؟
- فكِّر في المخلوقات الحية والمواقف التي مررت بها، هل هناك علاقة بينها وبين دراستك لمادة الأحياء؟
- اربط معلومات مادة الأحياء التي درستها مع المجالات العلمية الأخرى.
- توقع نتائجك من خلال توظيف المعلومات التي لديك.
- غيّر توقعاتك حينما تقرأ معلومات جديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كيف تستفيد من كتاب الأحياء؟

بعد ما قرأت

اقرأ الخلاصة، وأجب عن الأسئلة؛ لتقويم مدى فهمك لما درسته.

مضارّ شوكيات الجلد قد تغير بعض شوكيات الجلد النظام البيئي البحري. فنجم البحر التاجي ذو الأشواك يتغذى على بوليب المرجان. وعندما تتكاثر هذه المخلوقات فإنها تدمر الشعاب المرجانية. وتشكل قنافذ البحر غذاءً شهيًّا لثعالب البحر، الشكل 14–1. فإذا انخفض عدد ثعالب البحر ازداد عدد قنافذ البحر. وتتغذى قنافذ البحر على غابات عشب البحر، فيؤدي ذلك إلى تدمير بيئات الأسماك والقواقع والسرطانات.

الشكل 14–1 وجود عدد كافٍ من ثعلب البحر يحافظ على مجتمع قنفذ البحر، ويجعله تحت السيطرة، وإلا ازدادت أعداد قنافذ البحر، مما يهدد غابات عشب البحر الذي تتغذى عليه هذه القنافذ.

مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الرسوم العلمية

كيف يُظْهِرُ مخطط العلاقات التركيبية العلاقـاتِ بين أنواع نجوم البحر؟ يُظْهِرُ المخطط التصنيفي المقابل العلاقة بين أنواع مختلفة من نجوم البحر، معتمدًا على بيانات جزيئية. وكل حرف يمثل نوعًا معينًا من نجوم البحر.

البيانات والملاحظات

التفكير الناقد

1. حدد نجم البحر الأكثر صلة بنجم البحر A؟
2. حلّل أي مجموعات نجم البحر أكثر تنوعًا: (C,G,N) أو (L,K,M)؟ كيف قررت ذلك؟

أُخذت البيانات في هذا المختبر من

Hrincevich, A.W.,et al. 2000. Phylogenetic analysis of molecular lineages in a species -rich subgenus of sea stars (*Leptasterias* subgenus *Hexasterias*) *American. Zoologist* 40: 365-374

التقويم 1–1

الخلاصة
- يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة.
- لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية.
- لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة.
- لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.

فهم الأفكار الرئيسة
1. الفكرة الرئيسة حدد الصفات الأربع الرئيسة التي تميز الأفراد البالغة من شوكيات الجلد.
2. وضح كيفية عمل النظام الوعائي المائي.
3. ارسم تخطيطًا يمثل كل طائفة من طوائف شوكيات الجلد الست.
4. اقترح كيف ترتبط الحركة والتغذّي في شوكيات الجلد؟

التفكير الناقد
5. كوّن فرضية. يعيش نوع معين من الروبيان المخطط باللونين الأحمر والأبيض غالبًا على نوع من نجم البحر الهش الملون. كوّن فرضية عن العلاقة بين الروبيان ونجم البحر الهش.
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانت القوة التي يحتاج إليها نجم البحر لفتح صدفة محار هي 20 نيوتن، فكم قدمًا أنبوبية يحتاج إذا كانت القدم الواحدة تولّد قوة مقدارها 0.25 نيوتن؟

21

يتضمَّن كل جزء في الفصل أسئلة وخلاصة؛ حيث تقدم الخلاصة مراجعة المفاهيم الرئيسة، في حين تختبر الأسئلةُ فهمك لما درسته.

الفصل 1 دليل مراجعة الفصل

المطويات حلّل استعمل ما تعلمته في هذا الفصل لمناقشة تصنيف اللافقاريات الحبلية مع شعبة الحبليات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 خصائص شوكيات الجلد	
اللواقط القدمية الجهاز الوعائي المائي المصفاة القدم الأنبوبية الحوصلة	الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك، وجهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية؛ ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي. • يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة. • لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية. • لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة. • لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.
1–2 اللافقاريات الحبلية	
الحبليات اللافقاريات الحبلية الحبل الظهري الذيل خلف الشرجي الحبل العصبي الظهري الأنبوبي الجيوب البلعومية	الفكرة الرئيسة اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية. • للحبليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحبلية. • للافقاريات الحبلية جميع صفات الحبليات إلّا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحبلية. • الحبل الظهري تكيُّف يُمكّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل. • السهيم من اللافقاريات الحبلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحبليات. • الكيسيات لافقاريات حبلية كيسية الشكل، ولها صفات الحبليات وهي في مرحلة اليرقة.

29

ستجد في نهاية كل فصل دليلًا للمراجعة متضمنًا المفردات والمفاهيم الرئيسة. استعمل هذا الدليل للمراجعة وللتأكد من مدى استيعابك.

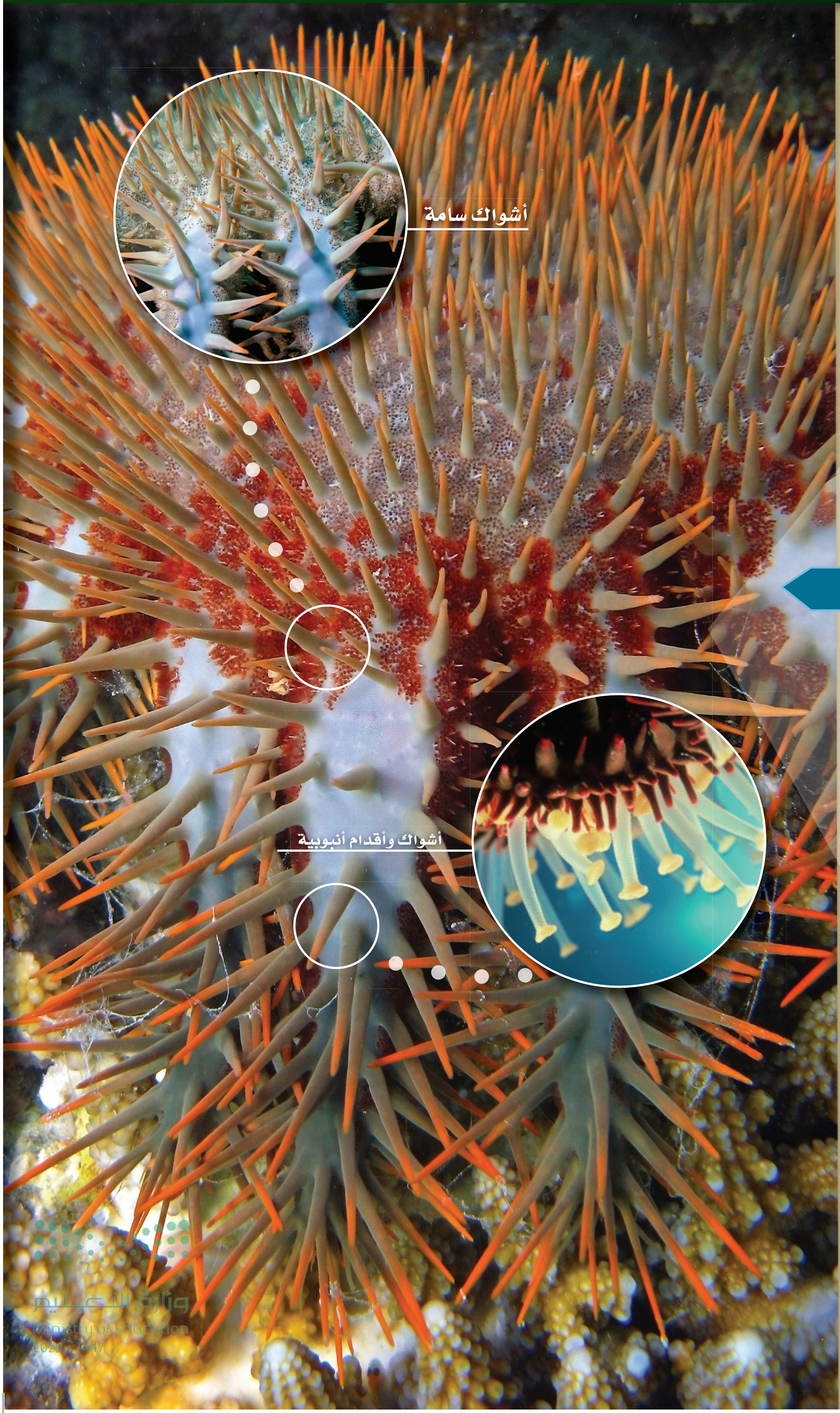
طرائق أخرى للمراجعة

- حدّد الفكرة العامة .
- اربط الفكرة الرئيسة بـ الفكرة العامة .
- استخدم كلماتك الخاصة لتوضيح ما قرأت.
- وظِّف المعلومات التي تعلمتها في المنزل، أو في موضوعات أخرى تدرسها.
- حدد المصادر التي يمكن أن تستخدمها في البحث عن المزيد من المعلومات حول الموضوع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 1

شوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية
Echinoderms and inverteberate chordates



الفكرة العامة لشوكيات الجلد واللافقاريات الحبلية صفات تربطها مع الحبليات.

1-1 خصائص شوكيات الجلد

الفكرة الرئيسة شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.

1-2 اللافقاريات الحبلية

الفكرة الرئيسة اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.

حقائق في علم الأحياء

- تستطيع ذراع واحدة من نجم البحر ذي الأشواك أن يلتهم ما بين $2-6\ m^2$ من المرجان كل عام.
- أذرع نجم البحر تحتوي على أشواك مغطاة بجلد مملوء بالسم.
- يحمي خيار البحر نفسه عن طريق تغيير قوام جسمه من حالة شبه سائلة إلى حالة صلبة ثم يعود إلى وضعه الطبيعي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2024 - 1447

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما أهمية الأقدام الأنبوبية؟

ذراع نجم البحر التي في صورة مقدمة الفصل مثل جميع شوكيات الجلد، له تراكيب تُسمى الأقدام الأنبوبية. وستلاحظ في هذه التجربة الأقدام الأنبوبية وتحدد وظائفها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ضع **نجم البحر** في طبق بتري مملوء **بماء من مَرْبى مائي به مياه بحر مالحة.**

تنبيه: عامل نجم البحر برفق.

3. لاحظ الجهة السفلى لنجم البحر مستعملاً **المجهر التشريحي**. انظر إلى صفوف الأقدام الأنبوبية التي تمتد على طول كل ذراع، وارسم التراكيب.
4. المس بلطف طرف القدم الأنبوبية **بقضيب زجاجي**. وسجل ملاحظاتك.
5. أعد نجم البحر إلى المربى المائي.

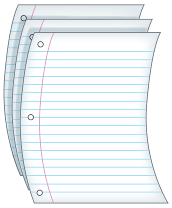
التحليل:

1. **صف** تركيب القدم الأنبوبية لنجم البحر.
2. **استنتج.** بناءً على ملاحظاتك، ما وظيفة القدم الأنبوبية في شوكيات الجلد؟

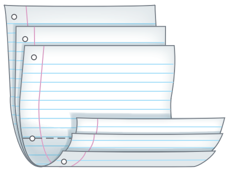
المطويات منظمات الأفكار

وصف اللافقاريات الحبلية اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على فهم الصفات الجسمية التي تربط اللافقاريات الحبلية مع الفقاريات الحبلية.

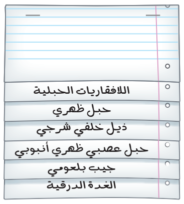
الخطوة 1 رتب ثلاث ورقات بعضها فوق بعض على أن تفصل كل واحدة عن التي تليها مسافة 1.5 cm طوليًّا، وحافظ على مستوى حافة كل ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2 اثنِ الطرف السفلي للورقة لتحصل على 6 ألسنة (أشرطة) كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3 اثنِ الأوراق جيدًا وثبت الألسنة في مكانها باستعمال مكبس دبابيس على طول الثنية، أدر الورقة بحيث تصبح الثنية في الأعلى، ثم رقِّم كل سطح كما هو مبين في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–1.** سجّل وأنت تقرأ هذا الجزء معلوماتك المتعلقة بالصفات الجسمية للافقاريات الحبلية التي تربطها مع الفقاريات الحبلية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

1-1

الأهداف

- **تلخص** الصفات العامة لشوكيات الجلد.
- **تقوّم** كيف مكّن الجهاز الوعائي المائي والأقدام الأنبوبية شوكيات الجلد من البقاء.
- **تميِّز** بين طوائف شوكيات الجلد.

مراجعة المفردات

الهيكل الداخلي يوفر الهيكل الداخلي الدعامة والحماية، ويعمل نقطة ارتكاز لانقباض العضلات.

المفردات الجديدة

اللواقط القدمية
الجهاز الوعائي المائي
المصفاة
القدم الأنبوبية
الحوصلة العضلية

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

خصائص شوكيات الجلد
Echinoderm Characteristics

الفكرة الرئيسة **شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك وجهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية، ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.**

الربط مع الحياة لقياس ضغط الدم يمر الهواء في جهاز قياس ضغط الدم عبر أنبوب يوصله إلى رباط يُلف حول الذراع ويبقى مشدودًا حتى تحرير الهواء منه وطرده إلى الخارج. تستعمل بعض الحيوانات -شوكيات الجلد- المبدأ نفسه لتتحرك وتحصل على غذائها.

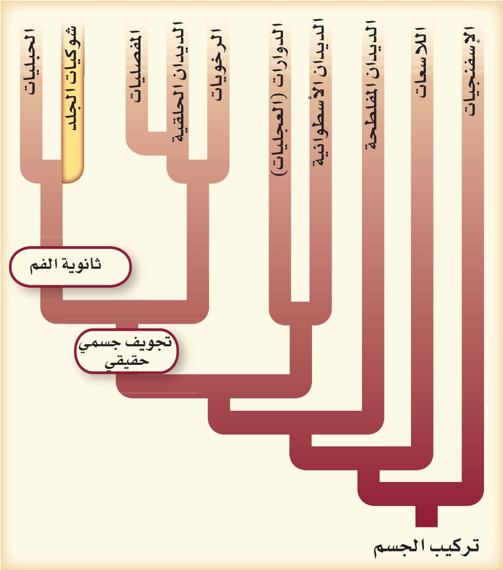
شوكيات الجلد ثانوية الفم
Echinoderms are Deuterostomes

الرخويات والديدان الحلقية والمفصليات التي درستها في مقرر احياء1 حيوانات بدائية الفم.

شوكيات الجلد حيوانات ثانوية الفم، وهذا تحول أساسي في العلاقات بين الحيوانات. لاحظ تفرع المخطط عند نقطة ثانوية الفم، **الشكل 1-1**.

يتكون الفم في بدائية الفم من فتحة الجاسترولا، في حين يتكون الفم في ثانوية الفم من مكان آخر في الجاسترولا، كما في شوكيات الجلد والحبليات. جميع شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي تضم 6000 نوع، منها نجم البحر وقنفذ البحر وخيار البحر ونجم البحر الهش وزنابق البحر ونجم البحر الريشي واللؤلئية البحرية. ويظهر **الشكل 1-1** نوعين من شوكيات الجلد.

الشكل 1 – 1 شوكيات الجلد حيوانات بحرية، وهي أول الحيوانات التي لها فم ثانوي وهيكل داخلي.



قنفذ البحر الأرجواني

نجم البحر الريشي

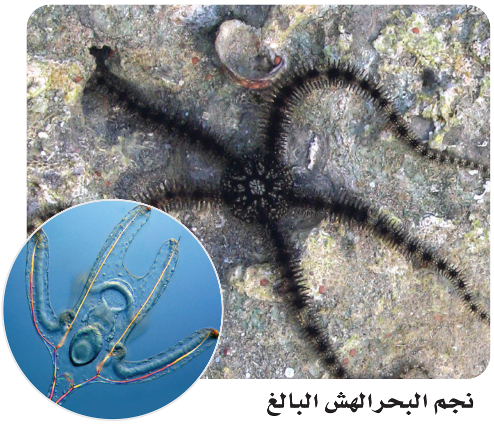
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تركيب الجسم Body structure

من شوكيات الجلد نجم البحر الهش، الذي له هيكل داخلي شوكي. وهي صفات مميزة لهذا المخلوق ضمن هذه الشعبة. شوكيات الجلد هي أول مجموعة من الحيوانات في السلم التصنيفي التي لها هيكل داخلي. وشوكيات الجلد حيوانات معقدة التركيب ذات تناظر شعاعي في مرحلة البلوغ، **الشكل 2–1** . يتكون الهيكل الداخلي فيها من صفائح من كربونات الكالسيوم، وغالبا ما تتصل به أشواك، ويُغطى بطبقة رقيقة من الجلد. يوجد على الجلد **لواقط قدمية** pedicellariae صغيرة تساعد على الإمساك بالغذاء، وعلى إزالة المواد الغريبة عن الجلد.

جميع شوكيات الجلد لها تناظر شعاعي في مرحلة البلوغ، **الشكل 2–1**. ويمكنك ملاحظة هذه الخاصية بوجود الأذرع الخمس مرتبة حول قرص مركزي. كما أن ليرقة نجم البحر تناظرًا جانبيًّا. ابحث في صفات شوكيات الجلد في **التجربة 1 – 1** .

ماذا قرأت؟ **استنتج** أهمية التناظر الشعاعي للحيوانات التي لا تستطيع الحركة بسرعة.



نجم البحر الهش البالغ

يرقة نجم البحر الهش

الشكل 2–1 ليرقة نجم البحر الهش تناظر جانبي. ويمكن أن تُقسَّم على طول محور واحد إلى قسمين متماثلين كُلٌّ منهما صورة للآخر. نجم البحر الهش البالغ ذو تناظر شعاعي، ويمكن تقسيمه عبر المحور المركزي وعبر أي محور إلى أنصاف متماثلة.

تجربة 1–1

لاحظ تشريح شوكيات الجلد

ما صفات شوكيات الجلد؟ لجميع شوكيات الجلد صفات عامة رغم أن لها أشكالًا وأحجامًا مختلفة.

خطوات العمل

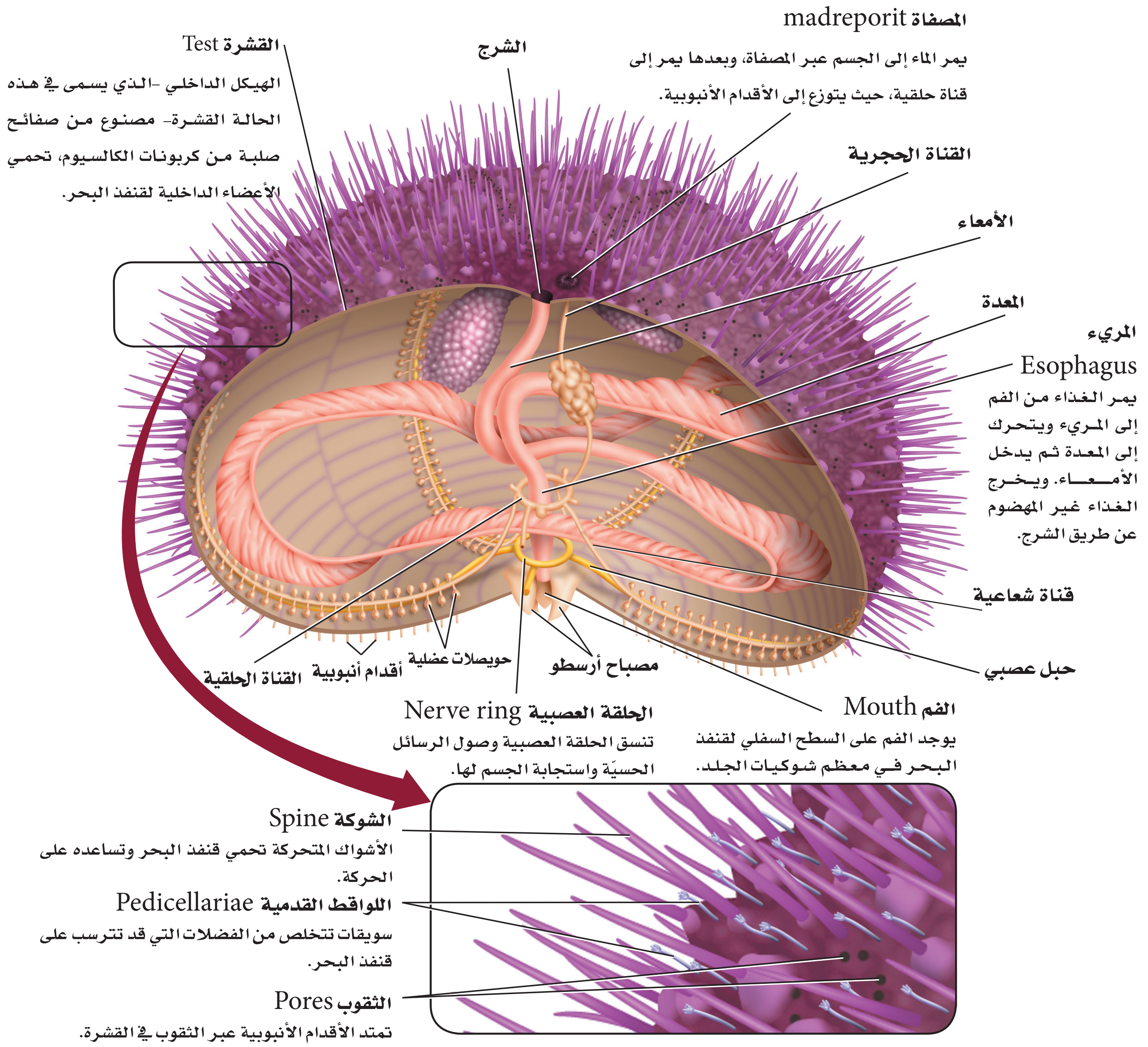
1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادرس عينات محفوظة **لخيار البحر، ونجم البحر، وقنفذ البحر.**
3. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك. وأكمل الجدول بكتابة وصف للصفات الرئيسة لكل عينة. وضمِّن ذلك رسمًا تخطيطيًّا.
4. اكتب أسماء التراكيب الخارجية التي تستطيع تعريفها.
5. نظّف جميع أدواتك، وأعدها إلى المكان المناسب، واغسل يديك جيدًا بعد حملك للعينات المحفوظة.

التحليل:

1. **قارن** بين الصفات الخارجية لشوكيات الجلد التي درستها. وبناءً على ملاحظاتك، لماذا تم تصنيف هذه المخلوقات الثلاثة ضمن الشعبة نفسها ؟ وضح ذلك.
2. **لاحظ واستنتج.** ما الصفات الأكثر أهمية التي تساعد شوكيات الجلد على تجنب الافتراس؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ **الشـــكل 3–1** يمكن أن يوجد قنفذ البحر في مناطق المد والجزر، وهو يختبئ بين شــقوق الصخور، وقادر على كشــط الطحالب بواسطة تركيب خماسي الصفائح للفم يُسمى مصباح أرسطو. تخيّل أن هذه الصفائح تشبه الأسنان التي تتحرك.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

النظام الوعائي المائي تتميز شوكيات الجلد أيضًا بوجود **الجهاز الوعائي المائي** water vascular system، وهو نظام يتكوّن من أنابيب مغلقة مملوءة بسائل، تعمل معًا لتمكّن الحيوان من الحركة والحصول على الغذاء. للجهاز الوعائي المائي فتحة تسمى **المصفاة** madreporite. يندفع الماء في اتجاه المصفاة، وينتقل عبر قناة حجرية إلى القناة الحلقية، ثم إلى قناة شعاعية – قناة تتفرع إلى جميع الأذرع- لينتهي في القدم الأنبوبية، **الشكل 3-1**.

الأقدام الأنبوبية tube Feet أنابيب صغيرة وعضلية تمتلئ بالسائل، وتنتهي بممص قرصي يشبه الفنجان يُستعمل في الحركة وجمع الغذاء والتنفس. يوجد على نهاية الطرف الداخلي الموازي للقدم الأنبوبية كيس عضلي يسمى **الحويصلات العضلية** ampulla. عندما تنقبض الحويصلات العضلية يندفع الماء إلى القدم الأنبوبية فتتمدد. ويوجد في نهاية القدم الأنبوبية ممصّ قرصيّ يساعد على التصاق الحيوان بالسطوح. يساعد الشفط المائي جميع شوكيات الجلد على الحركة، ويعطي بعض شوكيات الجلد، ومنها نجم البحر القوةَ الكافية اللازمة لفتح مصراعي المحار، **الشكل 4-1**.

التغذّي والهضم تستعمل شوكيات الجلد طرائق تغذٍّ متنوعة، بالإضافة إلى الأقدام الأنبوبية؛ فالزنابق البحرية ونجم البحر الريشيّ تمد أذرعها للإمساك بالغذاء، وتفترس نجوم البحر أنواعًا كثيرة من الرخويات والمرجان ولافقاريات أخرى. كثير من أنواع نجم البحر تستطيع قذف معدتها خارج الفم إلى الفريسة، ثم تفرز إنزيمات لهضم الغذاء، ثم تستعمل الأهداب لجلب المواد المهضومة إلى أفواهها. نجم البحر الهش مفترس نشط أو حيوان كانس يقتات على الفضلات، ويستطيع الإمساك بالمواد العضوية بواسطة مخاط على أذرعه. وكثير من القنافذ البحرية تستعمل صفائح شبيهة بالأسنان، **الشكل 3-1**، لكشط الطحالب عن السطوح، أو تتغذى على حيوانات أخرى. ويمد العديد من خيار البحر لوامسه المتفرعة والمغطاة بالمخاط للإمساك بالغذاء الطافي.

التنفس والدوران والإخراج تستعمل شوكيات الجلد أقدامها الأنبوبية للتنفس؛ إذ ينتشر الأكسجين من الماء عبر أغشية رقيقة للأقدام الأنبوبية. بعض شوكيات الجلد ينتشر فيها الأكسجين عبر جميع أغشية الجسم الرقيقة الملاصقة للماء. ولبعضها الآخر خياشيم ذات جدر جلدية رقيقة (تجاويف صغيرة تمتد من الجسم). ولخيار البحر أنابيب متفرعة تُسمى الشجرة التنفسية، يمر خلالها الماء، ومنها ينتقل الأكسجين المذاب في الماء إلى الجسم. تحدث الدورة الدموية في التجويف الجسمي والجهاز الوعائي المائي، في حين يحدث إخراج الفضلات الخلوية بالانتشار عبر أنسجة الجسم الرقيقة. تحرك أهداب الأقدام الأنبوبية الماء وسوائل الجسم عبر أجهزة الجسم المختلفة لإخراج الفضلات في بعض شوكيات الجلد. وعلى الرغم من بساطة هذه الأعضاء والأجهزة فشوكيات الجلد قادرة على حفظ الاتزان الداخلي لأجسامها بشكل فعّال، بالإضافة إلى وجود تكيفات تناسب طريقة معيشتها.

ماذا قرأت؟ **لخص** وظائف الأقدام الأنبوبية في شوكيات الجلد.

الشكل 4-1 يستعمل نجم البحر أقدامه الأنبوبية لفتح صدفتي المحار.
صف طريقة تغذّي نجم البحر.

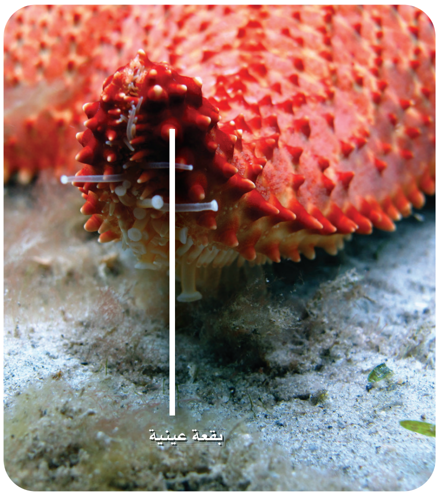
تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته حول الأقدام الأنبوبية، كيف يمكنك الإجابة الآن عن أسئلة التحليل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الاستجابة للمثيرات لشوكيات الجلد خلايا عصبية حسية حركية متفاوتة التعقيد بحسب أنواعها المختلفة. وعمومًا هناك حلقة عصبية تحيط بالفم مع تفرعات للحبال العصبية تتصل مع مناطق الجسم الأخرى جميعها. تستجيب الخلايا الحسية العصبية للمس، وللمواد الكيميائية المذابة في الماء، ولتيارات الماء، وللضوء. يوجد على النهايات الطرفية لنجم البحر بقع عينية، وهي مجموعة من الخلايا الحساسة للضوء، **الشكل 5-1**. وكثير من شوكيات الجلد تستطيع الإحساس في اتجاه الجاذبية؛ فنجم البحر مثلًا يعود إلى وضعه الطبيعي بعدما ينقلب بفعل الأمواج أو التيارات.

الحركة تتنوع طريقة الحركة في شوكيات الجلد بحسب أشكال الجسم؛ فتركيب الهيكل الداخلي مهم في تحديد نوع الحركة التي يستطيع القيام بها. إن حركة الصفائح العظمية المتحركة في الهيكل الداخلي لشوكيات الجلد تمكنها من الحركة بسهولة. ويتحرك نجم البحر الريشي بإمساك الرسوبيات الناعمة في قاع المحيط بواسطة زوائد طويلة نحيلة على السطح السفلي، أو بواسطة السباحة مع تحريك أذرعه إلى أعلى وإلى أسفل. ويستعمل نجم البحر الهش أقدامه الأنبوبية وأذرعه للزحف كالأفعى. بينما يتحرك نجم البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية، ويحفر بأشواكه المتحركة. بينما يزحف خيار البحر مستعملًا أقدامه الأنبوبية وعضلات جدار الجسم.



الشكل 5-1 يرفع نجم البحر نهاية ذراعه للإحساس بالضوء والحركة.

ماذا قرأت؟ **لخص** الطرائق التي تستعملها شوكيات الجلد في الحركة؟

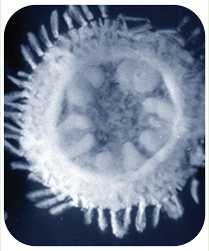
التكاثر والنمو تتكاثر أغلب شوكيّات الجلد جنسيًّا عن طريق الإخصاب الخارجي؛ حيث تضع الأنثى البيض، ويقوم الذكر بإفراز الحيوانات المنوية في الماء، ثم يحدث الإخصاب. وتنمو البيضة المخصبة إلى يرقة تسبح بحرّية. وهي ذات تناظر جانبي. وبعد مرور اليرقة بعدة مراحل من التغيرات تنمو إلى حيوان بالغ له تناظر شعاعي.

تجربة علمية
ما الصفات التي تمكّن شوكيات الجلد من البقاء في البيئة؟
ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

يوضح **الشكل 6-1** تجديد (إعادة تكوين) الجزء المفقود في نجم البحر. الكثير من شوكيات الجلد -ومنها نجم البحر الهش- تستطيع التخلّص من أحد أذرعها عندما يهاجمها مفترس، وبعضها الآخر -ومنه خيار البحر- قادر على إخراج جزء من الأعضاء الداخلية عندما يتعرض للخطر، مما يمكّنه من الهروب مسببًا تشويشًا وإرباكًا للمفترس. ومن الممكن أن تتجدد جميع أجزاء الجسم التي فقدت.

الشكل 6-1 يجدّد نجم البحر إحدى أذرعه، وهي عملية قد تستمر عامًا.
وضح. كيف تساعد عملية تجدُّد أعضاء الجسم شوكيات الجلد على البقاء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

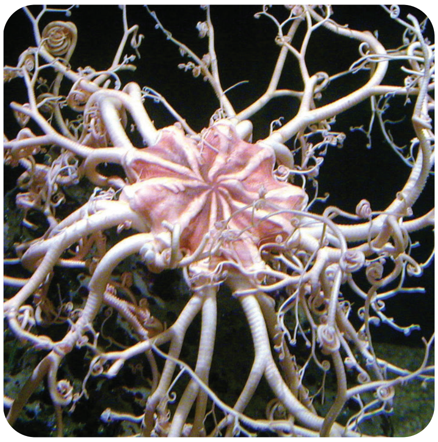
الجدول 1–1	طوائف شوكيات الجلد					
الطائفة	النجميات	الثعبانيات	القنفذيات	الزنبقيات	القثّائيات	اللؤلئيات
أمثلة						
أمثلة	نجم البحر	نجم البحر الهش	قنفذ البحر، دولار الرمل	زنابق البحر نجم البحر الريشي	خيار البحر	اللؤلئية البحرية (أقحوان البحر)
صفات مميزة	• خمس أذرع غالبًا. • أقدام أنبوبية تستعمل للتغذّي والحركة.	• خمس أذرع غالبًا. • تنكسر الأذرع بسهولة ويمكن تجددها. • تتحرك بحركة أذرعها. • لا تحتوي الأقدام الأنبوبية على ممصّ كأسي.	• الجسم مغطى بهيكل داخلي مع أشواك. • يحفر قنفذ البحر في المناطق الصخرية. • يحفر دولار البحر في الرمل.	• جالسة في بعض فترات حياتها. • لبعض زنابق البحر ساق طويلة. • لنجم البحر الريشي أذرع طويلة متشعبة.	• شكله يشبه ثمرة الخيار. • الجسم مغطى بطبقة جلدية. • تحورت الأقدام الأنبوبية إلى لوامس قرب الفم.	• قطره أقل من cm . • لا أذرع لها. • توجد الأقدام الأنبوبية حول قرص مركزي.

تنوع شوكيات الجلد Echinoderm Diversity

تشتمل الطوائف الرئيسة لشوكيات الجلد على كل من: النجميات ومنها نجم البحر، والثعبانيات ومنها نجم البحر الهش، والقنفذيات ومنها قنفذ البحر ودولار الرمل، والزنبقيات ومنها زنابق البحر ونجم البحر الريشي، والقثائيات ومنها خيار البحر، واللؤلئيات ومنها اللؤلئية البحرية. انظر الجدول 1–1.

نجم البحر Sea Star لعلك شاهدت أحد شوكيات الجلد. إن أغلب أنواع نجم البحر لها خمس أذرع مرتبة حول قرص مركزي. وبعضها له ما يزيد على خمس أذرع، كما في **الشكل 7 – 1** . قد يوجد نجم البحر في مناطق المياه الضحلة قرب الشواطئ، أو في المياه المتبقية بعد الجَزْر، ويمكن أن يوجد في مجموعات ملتصقة بالصخور بواسطة أقدامها الأنبوبية. تولد القدم الأنبوبية الواحدة قوة سحب تعادل 0.25– 0.3 N ، ولأن نجم البحر قد يكون له ما يقارب 2000 قدم أنبوبية، فهو يستطيع توليد قوة كبيرة ضرورية لفتح أصداف الرخويات، أو الزحف للبحث عن الغذاء. تشكل نجوم البحر مفترسات مهمة في النظام البيئي البحري؛ إذ تتغذّى على المحار، وغيره من ذات المصراعين. ولا يشكل نجم البحر غذاءً لأي مفترس بحري؛ بسبب جلده الشوكي.

الشكل 7–1 قد يكون لنجم البحر عشرون ذراعًا أو أكثر.



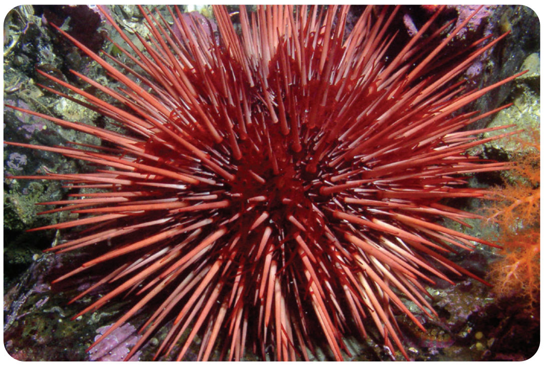
الشكل 8 – 1 السلة النجمية نوع من أنواع نجـم البحر الهش، تمد أذرعها المتشـعبة نحو التيارات لترشيح الغذاء.

حلّل كيف تختلف نجوم البحر الهشـة عن نجوم البحر؟

نجم البحر الهش Brittle Star لمعظم نجوم البحر الهشـة –كما في نجم البحـر– خمس أذرع نحيلة ومرنة جدًّا، **الشكل 8 – 1** . وهي تفتقر إلى ممصّات على أقدامها الأنبوبية، ولهذا لا تستعملها في الحركة كما يفعل نجم البحر. تتحرك نجوم البحر الهشة بالتجديف بأجسامها فوق القاع الصخري أو الرسوبي، أو تحريك أذرعها بحركة تشـبه حركة الثعابين. يتخفى نجم البحر الهش في الشـقوق الصخرية في أثناء النهار ويتغـذى خلال الليل على دقائق صغيـرة معلقة في المـاء، أو تلتقط المواد العالقة عن طريق أشـرطة مخاطية لاصقة بين أشواكها . تستجيب بعض نجوم البحر الهشة للضوء، ونجوم البحر الهشة واسعة الانتشار، ولها أنواع يفوق عددها أي طائفة من شوكيات الجلد.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين أوجه الشـبه والاختـلاف في حركة كل من نجم البحر، ونجم البحر الهش.

قنفذ البحـر ودولار الرمـل sea urchin and sand dollar الاختباء هو الصفة الرئيسة لكل من قنفذ البحر ودولار الرمل. ولشوكيات الجلد هذه جسم مضغوط محاط بهيكل داخلي يُسـمى القشـرة، تتكون من صفائح متلاصقة ومرتبـة من كربونات الكالسـيوم، وهي تشـبه الصدفة؛ حيـث تمتد الأقدام الأنبوبية عبر ثقوب في القشـرة. يفتقر قنفذ البحـر ودولار الرمل إلى الأذرع، وتقابل القشرة فيها نظام الأذرع الخماسي الموجود في نجم البحر ونجم البحر الهش. ووجود الأشواك صفة أساسية في هـذه الطائفـة، **الشكل 9 – 1** . تحوي بعض أشواك ولواقط قنفذ البحر سمومًا تتقي بها خطر الافتراس. يمكن أن يسبب السـم الموجود في اللواقط شللاً للفريسـة. وقد يكون قنفذ البحر حيوانًا آكلًا للنبات، يكشـط الطحالب عن الصخور، في حين يرشـح دولار الرمل الدقائق العضوية من الرمل الذي يكون مدفونًا فيه.

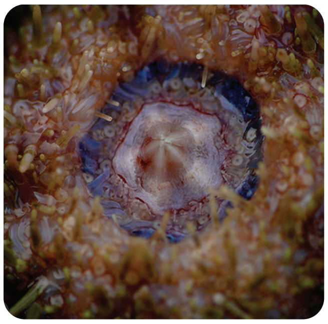


قنفذ البحر

دولار الرمل

الشـكل 9– 1 تختبـئ قنافذ البحر في الشـقوق الصخرية، ولها أشواك حادة متحركة. ويختبئ دولار الرمل في الرمل، حيث ترشح أجزاء الغذاء الصغيرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



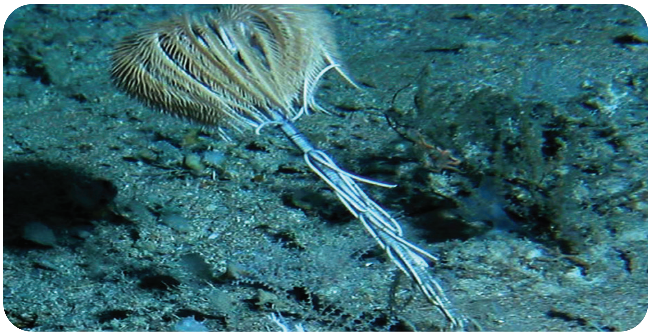
مصباح أرسطو، مصباح بخمسة أوجه

■ **الشكل 10–1** لقنفذ البحر فم بخمسة أجزاء تشبه هذا المصباح، وقوة قضم كبيرة بحيث يستطيع قضم الأسمنت.

الربط مع التاريخ لمعظم قنافذ البحر أجهزة للمضغ موجودة داخل أفواهها، ويتكون كل منها من خمس صفائح تشبه الأسنان، ويسمى هذا الشكل مصباح أرسطو، **الشكل 10–1** . وقد سُمّي بهذا الاسم نسبة إلى العالم اليوناني أرسطو الذي وصفه في كتابه (تاريخ الحيوانات) في القرن الرابع قبل الميلاد؛ حيث استعمل الناس آنذاك مصباحًا بخمسة أوجه شفافة. اعتقد أرسطو أن شكل فم قنفذ البحر يشبه هذا المصباح.

زنابق البحر ونجم البحر الريشي Sea Lilies and Feather Star يختلفان عن بقية شوكيات الجلد في أنهما حيوانان جالسان (ثابتان) في جزء من حياتهما. لأجسام زنابق البحر شكل زهري محمول على ساق طويلة، في حين تكون أذرع نجم البحر الريشي طويلة وممتدة إلى أعلى ومتفرعة من منطقة مركزية، **الشكل 11–1**. ويتناول كلاهما الغذاء بمدّ الأقدام الأنبوبية والأذرع في الماء، ليلتقط المواد العضوية العالقة فيه.

ماذا قرأت؟ لخّص أوجه التشابه بين كل من نجم البحر الريشي وزنابق البحر؟



زنابق البحر

نجم البحر الريشي

■ **الشكل 11–1** يظهر جسم الزنابق البحرية في صورة زهرة على قمة ساق طويلة. أما نجم البحر الريشي فيمد أذرعه من نقطة مركزية.
استنتج كيف تكيّف شكل الذراع في نجم البحر الريشي لنمط حياة قليلة الحركة؟

خيار البحر Sea Cucumber خيار البحر لا يشبه شوكيات الجلد الأخرى. بعض الناس يقولون إنه لا يشبه الحيوانات أبدًا. هل تعرف لماذا يُسمّى خيار البحر بهذا الاسم؟ تتحرك أجسام خيار البحر الطويلة ببطء بأقدام أنبوبية تساعد على انقباضات جدار الجسم العضلي، فاختُزل حجم صفائح كربونات الكالسيوم فيه، بحيث لا يتصل بعضها ببعض، كما في سائر شوكيات الجلد. لذا فإن السطح الخارجي لأجسامها عادة ما يظهر جلديًّا (ليِّنًا). تحورت بعض الأقدام الأنبوبية لتكون لوامس تمتد حول أفواهها للإمساك بجزيئات الغذاء العالقة، **الشكل 12–1**. تُغطى اللوامس بالمخاط، مما يزيد من قدرتها على الإمساك بالغذاء، وعند التصاق الغذاء باللوامس ينتقل إلى الفم حيث يتم امتصاصه، وتشبه هذه العملية لعق الإصبع.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

خيـار البحر الوحيد من شـوكيات الجلـد الذي له أعضاء تنفس على شكل شجرة تنفسية، حيث تضخ أنابيبها المتفرعة ماء البحر إلى الداخل عبر الشـرج ليستخلص الأكسـجين. تقوم الشجرة التنفسية أيضا بعملية الإخراج، بالتخلـص من الفضلات الخلوية. ومـن المهم أن نذكّر أن خيـار البحر قادر على حفظ الاتزان الداخلي لجسمه، بوجود أعضاء تتناسب مع طريقة معيشته في بيئات محددة.

الشكل 12–1 تحورت الأقدام الأنبوبية في بعـض أنـواع خيار البحـر إلى لوامس لتلتقط جزيئات الطعام من الماء.

حـدد المادة التي تغطي اللوامس وتساعد على الإمساك بجزيئات الطعام؟

اللؤلؤيّـة البحرية (أقحوان البحـر) Sea daisies

اكتشـفت عام 1986م قبالة شـواطئ نيوزلندا، ومن الصعب تصنيف اللؤلؤيّة البحرية ودراسـتها؛ لقلة ما وجد منها. قطرها أقل من 1 cm، وشكلها قرصي دون أذرع، وتوجد الأقدام الأنبوبية حول طرف القرص المركزي. ويبين **الشكل 13–1** أن لها نظامًا خماسـيًّا وتناظرًا شعاعيًّا مثل سائر شوكيات الجلد. لاحظ انتظام نمط الأقدام الأنبوبية حول طرف القرص.

ماذا قرأت؟ **اسـتنتج** الصفات التي أدت إلى تصنيـف اللؤلؤيّة البحرية ضمن شوكيات الجلد.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

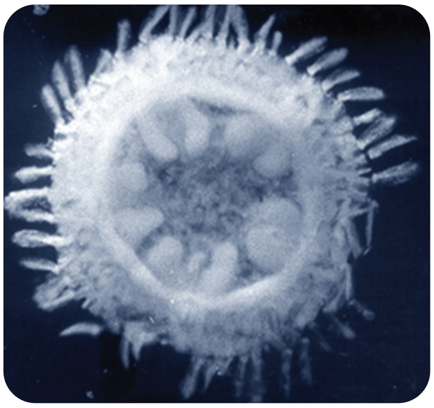
عالم الأحياء البحري

العلَماء في هذا المجال يدرسـون النباتات والحيوانات التي تعيش في البحار، ومنها شوكيات الجلد. وكذلك يدرسـون التلوث الذي يؤثر في البيئة البحرية.

أهمية شوكيات الجلد Importance of Echinoderms

يشـكل خيار البحر وقنفذ البحر مصدر غذاء لسـكان بعض البلدان الآسيوية، فتـؤكل بعض عضلات خيار البحـر. ويضاف خيار البحـر المجفف لإعطاء نكهة للحساء والخضراوات واللحم، ويؤكل بيض قنافذ البحر مطبوخًا أو نيئًا. هناك علاقة تعايش بين بعض شـوكيات الجلد والحيوانات البحرية الأخرى؛ إذ يسـتفيد مخلوق حي واحد من هذه العلاقة، في حين لا يسـتفيد المخلوق الآخر ولا يتضرر. فبعض أنواع نجم البحر الهش مثلًا تعيش داخل الإسـفنج، ويتـرك النجم الهش المكان الداخلي الآمن في الإسـفنج ليتغذى على المواد التي ترسبت على الإسفنج واستقرت.

الشكل 13–1 اللؤلؤيّة البحرية شوكية جلد دقيقة ذات شكل قرصي.



فوائد شوكيات الجلد يعتمد النظام البيئي البحري على بعض شوكيات الجلد. فعندما ينقص مجتمع شـوكيات الجلد يحدث غالبًا تغير في النظام البيئي. فإذا انخفضت أعداد أنواع قنفذ البحر مثلًا نتيجة انتشار مرض ما ازدادت الطحالب زيادة كبيرة على الشـعاب المرجانية، مما يؤدي إلى تدميـر المرجان في كثير من المناطق. قنافذ البحـر وخيار البحر مخلوقات حية تحرك الرواسـب من قاع البحر إلى أعلى، وهذا أمر مهـم لجميع مكونات النظام البيئي، مما يجعل المغذيات الموجودة في قاع البحر ترتفع في الماء وتصبح متوافرة للمخلوقات الحية الأخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مضارّ شوكيات الجلد قد تغير بعض شوكيات الجلد النظام البيئي البحري. فنجم البحر التاجي ذو الأشواك يتغذى على بوليب المرجان. وعندما تتكاثر هذه المخلوقات فإنها تدمر الشعاب المرجانية. وتشكل قنافذ البحر غذاءً شهيًّا لثعالب البحر، **الشكل 14-1**. فإذا انخفض عدد ثعالب البحر ازداد عدد قنافذ البحر. وتتغذى قنافذ البحر على غابات عشب البحر، فيؤدي ذلك إلى تدمير بيئات الأسماك والقواقع والسرطانات.

الشكل 14-1 وجود عدد كافٍ من ثعلب البحر يحافظ على مجتمع قنفذ البحر، ويجعله تحت السيطرة، وإلا ازدادت أعداد قنافذ البحر، مما يهدد غابات عشب البحر الذي تتغذى عليه هذه القنافذ.

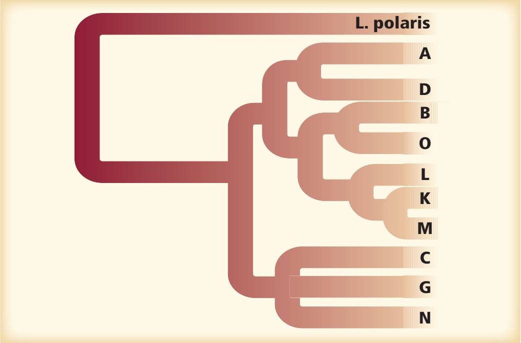
مختبر تحليل البيانات 1-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الرسوم العلمية

كيف يُظْهِرُ مخطط العلاقات التركيبية العلاقـاتِ بين أنواع نجوم البحر؟ يُظْهِرُ المخطط التصنيفي المقابل العلاقة بين أنواع مختلفة من نجوم البحر، معتمدًا على بيانات جزيئية. وكل حرف يمثل نوعًا معينًا من نجوم البحر.

البيانات والملاحظات



التفكير الناقد

1. **حدد** نجم البحر الأكثر صلة بنجم البحر A؟
2. **حلّل** أي مجموعات نجم البحر أكثر تنوعًا: (أو)؟ كيف قررت ذلك؟

أُخذت البيانات في هذا المختبر من

Hrincevich, A.W.,et al. 2000. Phylogenetic analysis of molecular lineages in a species -rich subgenus of sea stars (*Leptasterias* subgenus *Hexasterias*) *American Zoologist* 40: 365 374

التقويم 1-1

الخلاصة

- يمكن تحديد الأفـراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة.
- لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي وأقدام أنبوبية.
- لشـوكيات الجلـد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة.
- لشـوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** الصفات الأربع الرئيسة التي تميز الأفراد البالغة من شوكيات الجلد.
2. **وضح** كيفيـة عمل النظـام الوعائي المائي.
3. **ارسم تخطيطًا** يمثـل كل طائفة من طوائف شوكيات الجلد الست.
4. **اقترح** كيـف ترتبط الحركة والتغذّي في شوكيات الجلد؟

التفكير الناقد

5. **كوّن فرضية**. يعيـش نوع معين من الروبيان المخطـط باللونين الأحمر والأبيـض غالبًا على نـوع من نجم البحـر الهش الملون. كـوّن فرضية عن العلاقة بين الروبيان ونجم البحر الهش.
6. الرياضيات في علم الأحياء إذا كانـت القوة التي يحتاج إليها نجم البحر لفتح صدفة محار هـي 20 نيوتن، فكم قدمًا أنبوبية يحتـاج إذا كانت القدم الواحدة تولّد قوة مقدارها 0.25 نيوتن؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

1–2

اللافقاريات الحبلية
Invertebrate Chordates

الأهداف
- **تفسر** صفات اللافقاريات الحبلية التي أدت إلى تصنيفها في شعبة الحبليات.
- **تحلّل** صفات اللافقاريات الحبلية التي أدت إلى تصنيفها مع اللافقاريات.
- **تقارن** بين التكيفات في السهيم وبخاخ البحر.

مراجعة المفردات
ثانوي الفم: مصطلح يطلق على الحيوان الذي نما له فم من خلايا لا توجد في فتحة الجاسترولا.

المفردات الجديدة
الحبليات
اللافقاريات الحبلية
الحبل الظهري
الذيل خلف الشرجي
الحبل العصبي الظهري الانبوبي
الجيوب البلعومية.

الفكرة الرئيسة **اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.**

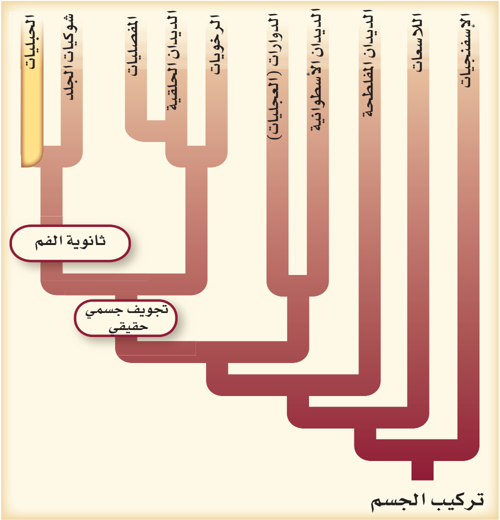
الربط مع الحياة الديدان والقواقع والنحل والأسماك والطيور والأسود كلها حيوانات تشترك في صفات عامة. فكّر في الصفات المشتركة بين هذه الحيوانات، والصفات التي تختلف فيها. الحيوانات التي تشترك في أغلب الصفات تكون أكثر تقاربًا من تلك التي تشترك في صفات قليلة.

صفات اللافقاريات الحبلية

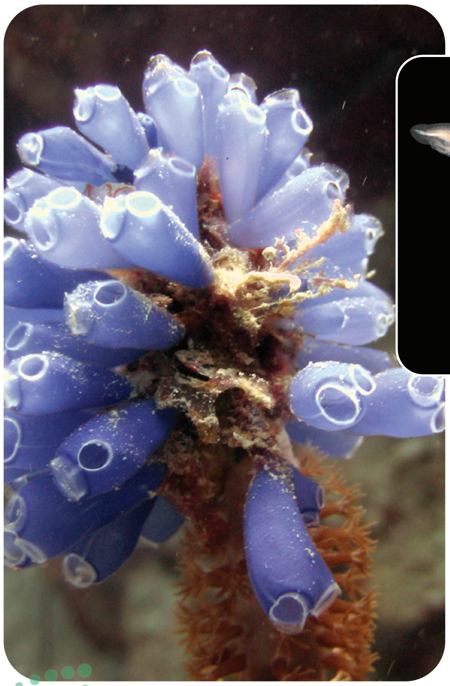
يظهر مخطط العلاقات التركيبية في **الشكل 15 – 1**، أن اللافقاريات الحبلية –ومنها السهيم والكيسيات– ثانوية الفم، وهي تشبه في ذلك شوكيات الجلد، ولها صفات أخرى لا توجد في شوكيات الجلد سوف تتعلمها لاحقًا.

ومن أكثر الحيوانات شهرة عند علماء الحيوان، **الشكل 15 – 1**، حيوان صغير ثعباني الشكل يسمى السهيم (الرميح)، وهو يقضي معظم حياته مدفونًا في الرمل. لذا من الصعب عليك أن تجد السهيم، فهو مخلوق متخفٍّ، له غطاء شفاف، يشبه جسمه السمكة، طوله نحو 5 cm، نصف جسمه يكون مدفونًا عادة في الرمل، يرشّح غذاءه، ولا يدرك الكثيرون أهميته.

الشكل 15–1 تظهر ثانوية الفم في اللافقاريات الحبلية مثلها مثل شوكيات الجلد.

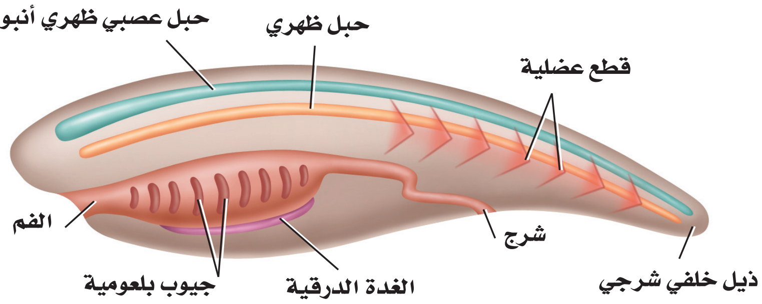


السهيم (Lancelet)



الكيسيات (Tunicate)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 16–1 للحبليات حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي، وربما تكوّن شكلاً من أشكال الغدة الدرقية.

استنتج أي هذه الصفات كانت لديك عندما كنت جنينًا؟

الحبليات Chordates حيوانات تتبع شعبة الحبليات، لها أربع صفات مميزة (حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي) تظهر في أوقات ما خلال فترة نموها. تشير الأدلة الحديثة إلى أن جميع الحبليات قد يكون لها بعض أشكال الغدة الدرقية، ولها تجويف جسمي حقيقي، وجسمها مقسم إلى قطع. ادرس **الشكل 16–1**، لمعرفة الصفات الرئيسة للحبليات. تذكر أن الفقاريات حيوانات لها عمود فقري. أغلب الحبليات فقاريات. تنتمي **اللافقاريات الحبلية** إلى تحت شعبتين من الحبليات، هما شعبة حبليات الرأس، وشعبة حبليات الذيل، ولهما صفات الحبليات الأربع، بالإضافة إلى الشكل الأوليّ للغدة الدرقية. وليس للافقاريات الحبلية عمود فقري.

المفردات

أصل الكلمة

الحبل الظهري Notochord

noto– كلمة يونانية تعني الظهر.

chord– كلمة يونانية تعني الحبل.

الحبل الظهري notochord **الحبل الظهري** مرن، وشكله يشبه الخيط، ويمتد على طول الجسم، ويوجد تحت الحبل العصبي الظهري الأنبوبي. في أغلب الفقاريات يحل محله عظم أو غضروف، بينما يبقى الحبل الظهري في اللافقاريات الحبلية. ومرونة الحبل الظهري تمكّنه من ثني الجسم من دون قصره خلال انقباض قطع العضلات. تستطيع الحيوانات التي لها حبل ظهري القيام بحركات جانبية للجسم والذيل، مما يمكّنها من السباحة، كما في الأسماك.

الذيل خلف الشرجي Postanal tail يستعمل **الذيل خلف الشرجي** أساسًا للحركة، ويقع خلف الجهاز الهضمي والشرج، وفي معظم الحبليات يمتد الذيل إلى ما بعد فتحة الشرج. وفي غير الحبليات يوجد داخل الذيل أجزاء من الجهاز الهضمي، وتقع فتحة الشرج في نهاية الذيل. ويمكّن الذيل – بما فيه من عضلات – الحيوان أن يدفع بحركات أقوى مما تدفع اللافقاريات التي ليس لها مثل هذا الذيل.

الحبل العصبي الظهري الأنبوبي Dorsal tubular nerve cord توجد الحبال العصبية في غير الحبليات في الجهة البطنية، أو أسفل الجهاز الهضمي، وهي مصمتة. أما في الحبليات فيوجد **الحبل العصبي الظهري الأنبوبي** فوق الجهاز الهضمي، ويتخذ شكل أنبوب أجوف. وخلال نمو أغلب الحبليات ينمو الطرف الأمامي للأنبوب ليكوّن الدماغ. أما الطرف الخلفي فيكوّن الحبل الشوكي.

المطويات

ضمّن معلومات من هذا القسم في مطويتك.

ماذا قرأت؟ **حلل** أهمية الحبل الظهري للافقاريات الحبلية؟

الجيـوب (الأكيـاس) البلعوميـة pharyngeal pouch توجـد فـي جميع الأجنة أزواج من التراكيب تسـمى **الجيـوب البلعومية** تربط الأنبوب العضلـي الواصل بين التجويـف الفمي والمريء. تحـوي الجيوب في الحبليات المائية شـقوقًا تفتـح إلى الخارج. وقـد تخصصت هذه التراكيب في ترشـيح الغـذاء، كما يمكن أن تتخصص الخياشـيم في تبادل الغازات في الماء. أما في الحبليات التي تعيش على اليابسة فلا تحتوي الجيوب البلعومية على شقوق، بل تخصصـت جنينيًّا إلى تراكيب أخرى، مثل لوزتي الحلق والغدة الزعترية.

الغـدّة الدرقيـة thyroid gland الغـدة الدرقيـة تركيب ينظم الأيض والنمو والتكـوّن الجنيني. وتفرز الغـدة الدرقية في خلايا الحبليـات الأولية مخاطًا يسـاعد الحيوانات الترشـيحية التغذّي على جمع جزيئـات الغذاء. تحوي اللافقاريات الحبلية قناة داخلية endostyle. والخلايـا في هذه المنطقة تفرز بروتينات شـبيهة بما تفرزه الغدة الدرقيـة. والفقاريات الحبلية هي المخلوقات الوحيدة التي لها غدة درقية.

الربـط مع الصحـة يتركـز اليود في القنـاة الداخلية ويلعب دورًا مهمًّا في وظيفة الغدة الدرقية، وهو أساسـي لإنتاج هرمونات الغـدة الدرقية. ويضاف اليـود في معظم الدول إلـى ملح الطعام لتجنب الإصابة بنقص اليود. ومن المصادر الأخرى لليود الأسماك ومنتجات الألبان، والخضراوات التي تنمو في تربة غنية باليود.

ماذا قرأت؟ اشرح تقوم القناة الداخلية بدور الغدة الدرقية.

تنوع اللافقاريات الحبلية

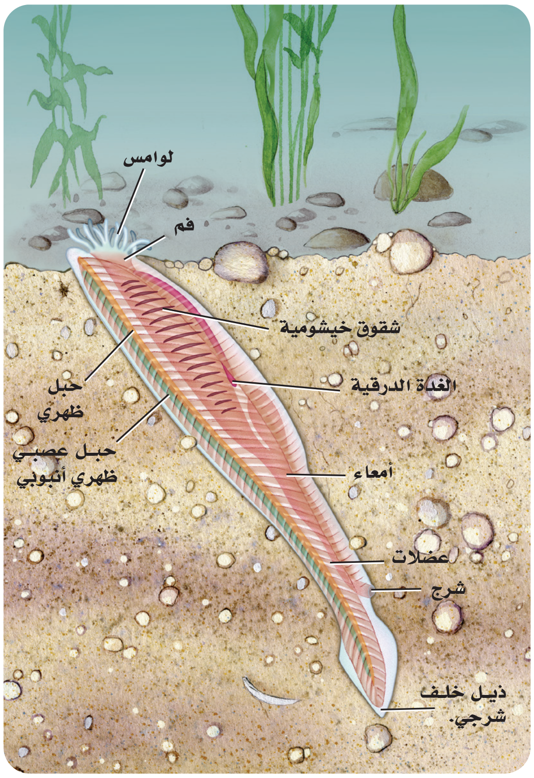
Diversity of Invertebrate Chordates

كما هو الحال في شـوكيات الجلد فإن جميع اللافقاريات الحبلية حيوانـات بحرية. ويوجد 23 نوعًا من السـهيم في شـعبة حبليات الرأس، وتضم حبليات الذيل 1250 نوعًا من الكيسيات.

السهيم حيوان صغير، يشبه السمكة، لكنه دون قشور، ويدفن جسمه في الرمل في مياه البحر الضحلة، **الشـكل 17-1**. يفتقر السهيم إلى الألوان في جلده، ويتكون الجلد من طبقة واحدة من الخلايا شفافة اللون. ويمكن مشاهدة حركة مرور الماء داخل الجسم. وللحصول على الغذاء يدخل الماء فم السهيم، ويمر خلال الشقوق الخيشومية البلعومية؛ حيث يرشح الغذاء (ترشيحي التغذي)، ثم يمر إلى تركيب يشبه المعدة ليُهضم، ثم يخرج الماء من خلال الشقوق الخيشومية.

إرشادات الدراسة

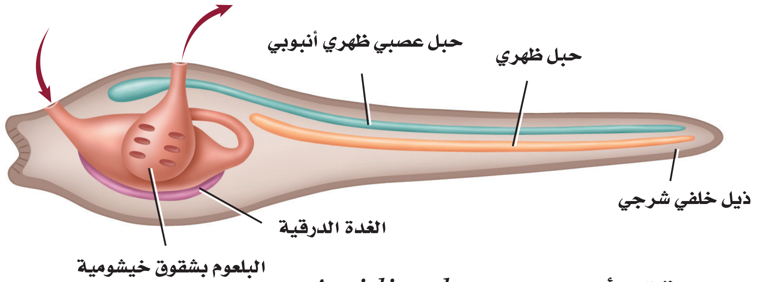
التعاون كوّن مجموعة من خمسـة طلاب. يختار كل طالب في المجموعة أحد العناوين الخمسـة التي يضمهـا العنـوان "صفات اللافقاريـات الحبليـة"، ثـم يقـرؤه أمام المجموعة ويشرحه.



الشكل 17-1 السهيم لافقاري حبلي له الصفات الرئيسة للحبليات.

استنتج. كيـف يمكن أن تعمـل اللوامس القصيرة والمحيطة بفم السهيم؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



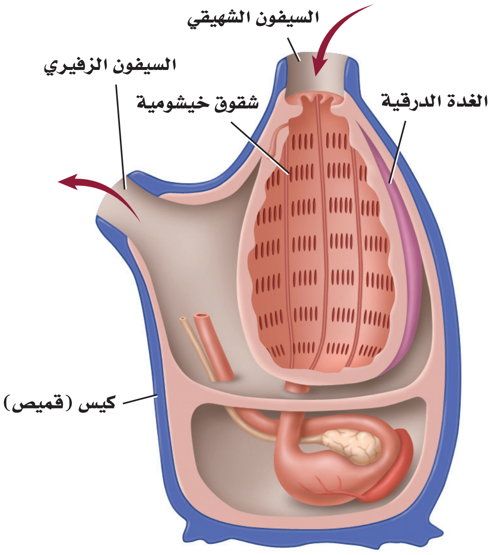
يرقة الأسيديا *Ascidian larvae*

الشكل 18 – 1 يرقة ذيلية الحبل تشبه أبا ذنيبة، ولهـا جميع صفات الحبليات. تبين الأسـهم دخول الماء إلى الجسـم وخروجه منه.

لاحظ **الشكل 17–1**. يمكنك مشاهدة القطع العضلية، وهي شبيهة بالقطـع العضلية في اللافقاريات، وتمكّن السـهيم من السـباحة بحركة مماثلة لحركة السـمكة. يختلف السهيم عن الفقاريات في عدم وجـود رأس أو أعضاء حس إلا مسـتقبلات الضوء ولوامس حسية صغيرة قرب الفم. يتركب الجهاز العصبي من أعصاب رئيسة متفرعة، ودماغ بسـيط فـي مقدمة الحيوان. يمر الدم عبر الجسـم بضخه في الأوعيـة الدموية، حيث لا يوجد قلب حقيقي. والجنس منفصل في السهيم، والتلقيح فيه خارجي.

الكيسـيات Tunicates (القميصيـات) سُـميت كذلـك لوجود طبقة خارجية سميكة تسـمى القميص تشبه الكيس، وتغطي جسم الحيوان الصغيـر. تعيش أغلب الكيسـيات في المياه الضحلة، وبعضها يعيش في تجمعات على قاع المحيط. وتكون الكيسـيات عمومًا جالسة غير متحركة، وتظهر فيها الصفات المماثلة للحبليات فقط فـي مرحلة اليرقة. انظر **الشـكل 18–1**، ولاحظ موقع الحبل الظهري والذيـل والحبل الظهـري والأكيـاس البلعومية والغدة الدرقية. يدخل الماء إلى الجسـم الشـبيه بالكيس في الكيسـيات البالغة عبر السيفون الشهيقي، **الشـكل 19– 1**، وذلك بفعل حركة الأهـداب. وتَجْمع جزيئاتِ الغذاء في شـبكة مخاطية، ثم تتحرك إلى المعدة، حيث تُهضم هناك. وخلال ذلك يترك الماء الجسـم، أولاً عبر الفتحات الخيشومية في البلعوم، ثم إلى خارج الجسم عبر السيفون الزفيري. تتم الدورة الدموية بفعل القلب والأوعية الدموية التي توزع المغذيات والأكسـجين إلى أعضاء الجسـم. ويتركب الجهاز العصبي من جزء رئيس عصبي معقد، وعصبونات متشعبة. والكيسـيات خناث (تنتج كلًّا من البيـوض والحيوانات المنوية)، والتلقيح فيها خارجي. لماذا تسـمى الكيسـيات بخاخات الماء؟ عندما تُهَدَّد أو تشعر بالخطر تكون قادرة على إخراج سيل من الماء بقوةٍ عبر السيفون الزفيري، فتشوش على المفترس القوي.

ماذا قرأت؟ قارن بين الكيسيات والسهيم.



الشـكل 19 – 1 يشـبه الحيوان البالغ في الكيسيات الكيـسَ. الصفة الوحيدة للحبليـات التي بقيت في هذا الحيوان البالغ هي الفتحات الخيشـومية البلعومية. تشير الأسهم إلى طريق دخول الماء في الجسم وخروجه منه.
قـارن. مـا اللافقاريات الأخرى التي درسـتها وترشـح غذاءها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقويم 2–1

الخلاصة

- للحبليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحبلية.
- للافقاريات الحبلية جميع صفات الحبليات إلا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحبلية.
- الحبل الظهري تكيف يُمكّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل.
- السهيم من اللافقاريات الحبلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحبليات.
- الكيسيات لافقاريات حبلية كيسية الشكل، ولها صفات الحبليات وهي في مرحلة اليرقة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخص** الصفات الرئيسة للافقاريات الحبلية لتبين فيم تشبه الفقاريات الحبلية.
2. **صف** خصائص اللافقاريات الحبلية التي وضعتها مع لافقاريات أخرى عوضًا عن وضعها مع الفقاريات.
3. **اعمل نموذجًا** للسهيم وحيوان كيسي من الطين، أو من عجينة الملح. وحدد الصفات التي صنفت هذه الحيوانات في شعبة الحبليات.
4. **قارن** بين تكيفات كل من الكيسيات والسهيم التي مكّنتها من العيش في بيئاتها.

التفكير الناقد

5. **صمّم** تجربة لتحدد ما إذا كان السهيم يفضل بيئة مضيئة أم بيئة مظلمة.
6. الكتابة في علم الأحياء اكتب فقرة تصف فيها ما تتشابه فيه الإسفنجيات والكيسيات، وفقرة أخرى تصف ما تختلفان فيه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

إثراء علمي مستجدات في علم الأحياء

شوكيات الجلد تساعد على البحث الطبي

النسيج الضام Connective tissue اكتشف طالب الدراسات العليا في علم الأحياء جريج زولجت Greg Szulgit القدرة الضخمة لخيار البحر على زيادة حجم جسمه ثم انكماشه ثانية إلى حجمه الطبيعي. كيف يستطيع خيار البحر تغيير حجم جسمه؟ كل هذا يعود إلى النسيج الضام، وهو النسيج الذي يربط الأنسجة بالأعضاء في الجسم، ويدعمها ويحيط بها.

وهناك تشابه بين النسيج الضام لخيار البحر والنسيج الضام عند الإنسان؛ إذ تحوي ألياف النسيج الضام بروتينًا يسمى كولاجين. والكولاجين في الإنسان مكون ثابت في النسيج. فقد وجد زولجت وباحثون آخرون أن الكولاجين في النسيج الضام لشوكيات الجلد غير ثابت، وينزلق إلى الأمام وإلى الخلف. وعندما تُكَوَّن جزيئات البروتين في الهيكل الداخلي ينزلق بعضها فوق بعض، ويكون جسم خيار البحر لينًا ومرنًا. وتستطيع خلايا خيار البحر إفراز مادة تُثبت الكولاجين وتمنعه من الانزلاق، وهذا يعطي صلابة للهيكل الداخلي، ويجعله غير متحرك.

اعتلال النسيج الضام كان الأمل من دراسات زولجت على قدرة انبساط جسم خيار البحر وتمدّده هو تمكين الباحثين من معالجة اعتلال النسيج الضام في الإنسان. وهذه الاعتلالات تضم متلازمة إهليرس دانلوس Ehlers–Danlos Syndrome، وعدم اكتمال التكوين العظمي، ومتلازمة مارفان Marfan Syndrome .

والناس المصابون بمتلازمة إهليرس–دانلوس لديهم نسيج ضام غير طبيعي وهش، مما يؤدي إلى مشاكل في المفاصل وضعف في الأعضاء الداخلية.

يستطيع خيار البحر تغيير حالة جسمه من حالة تجانس الجيلاتين السائل إلى شكل صلب ثابت، ثم العودة إلى الحالة الأولى في ثوان وهكذا، وهذا يعود إلى أن الكولاجين في النسيج الضام لخيار البحر غير ثابت.

وفي حالة عدم اكتمال التكون السليم للعظام لا يكون الجسم قادرًا على إنتاج كولاجين على نحو كافٍ، أو ينتج نوعًا رديئًا من الكولاجين، مما يؤدي إلى عظام هشة تنكسر بسهولة. والأشخاص الذين لديهم متلازمة مارفان يكون لديهم نسيج ضام غير صلب، مما يؤدي إلى تشوّهات هيكلية، وضعف في الأوعية الدموية. وبدراسة النسيج الضام في شوكيات الجلد مثل خيار البحر، اقترب الباحثون من النجاح في معالجة أمراض الوهن الذي يعيق حرية حركة المفاصل نتيجة أمراض النسيج الضام.

الكتابة في علم الأحياء

دفتر العلوم ارجع إلى المصادر العلمية المختلفة لتتعرف المزيد من البحوث التي تتضمن شوكيات الجلد. اكتب بحثًا عن عالم/ أو عالمة أحياء تصف فيه عمله/ أو عملها مع شوكيات الجلد، على أن يتضمن البحث جداول ورسومًا تتعلق بشوكيات الجلد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

الإنترنت: كيف تستطيع شوكيات الجلد العيش دون رأس أو عين أو دماغ؟

الخلفية النظرية: تفتقر شوكيات الجلد إلى العين والدماغ، كما أنه لا يوجد لها قلب، وتضخ ماء البحر عبر الجسم بدلاً من الدم. منح الله سبحانه وتعالى بعض شوكيات الجلد القدرة على تغيير هياكلها الداخلية من حالة الصلابة القاسية، إلى السائلة تقريبًا خلال ثوان، وبعضها الآخر قادر على التخلص من ذراعه للهرب من المفترسات.

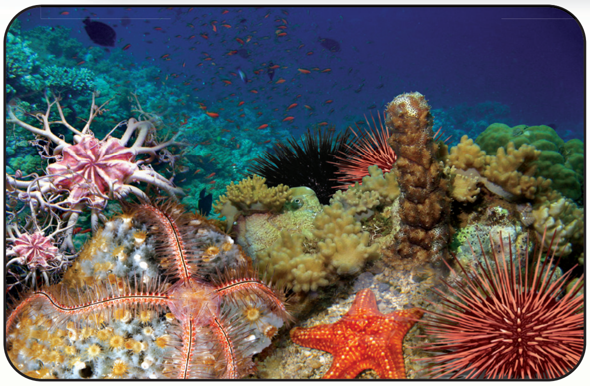
سؤال: كيف تستطيع شوكيات الجلد العيش في بيئات بحرية تنافسية؟

المواد والأدوات

- الشبكة العنكبوتية (إنترنت).
- مرجع علمي حول شوكيات الجلد.
- دليل ميداني.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. صمّم جدول بيانات تسجّل فيه المعلومات الآتية للأنواع: الصفات الجسمية، مصادر الغذاء / طرائق الحصول على الغذاء، المفترسين، الاستراتيجيات الدفاعية، التكاثر ونمو الأجنة، وأي حقائق أخرى مميزة لستة حيوانات.
3. اختر نوعًا واحدًا من كل طائفة رئيسة لشوكيات الجلد الست لدراسته، وسجله في جدول البيانات.
4. ابحث عن النوع الذي اخترته واملأ جدول البيانات بالمعلومات. ثم لاحظ شوكيات الجلد في بيئاتها الطبيعية، وذلك بزيارة حديقة حيوان محلية أو أحواض تربيتها. إذا كنت لا تستطيع ملاحظة الحيوانات في بيئاتها الطبيعية فاحصل على معلومات عن شوكيات الجلد من المرجع العلمي، أو ارجع إلى الإنترنت.
5. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. تعاون مع زملائك في تعبئة الأجزاء الناقصة في جدولك.



نجم البحر، والسلة النجمية، وقنفذ البحر الشوكي أنواع تعيش في مياه الخلجان.

حلّل ثم استنتج

1. **صف** بعض الصفات الجسمية الأساسية التي تشترك فيها شوكيات الجلد.
2. **قارن** بين استراتيجيات التكاثر الجنسي واللاجنسي المستعملة في أنواع شوكيات الجلد المتنوعة.
3. **التفكير الناقد** تختلف اليرقات والحيوانات البالغة في شوكيات الجلد في طرائق عديدة مهمة. وضح الفوارق بينها، وبيّن مزاياها.
4. **فسر البيانات** ما مصادر الغذاء الرئيسة لشوكيات الجلد التي درستها؟
5. **استخلص النتائج** هل تكيفت شوكيات الجلد للعيش في البيئات البحرية؟ فسر إجابتك.
6. **تحليل الخطأ** صف مزايا ومساوئ الحصول على معلومات حول شوكيات الجلد عبر المواقع الإلكترونية.

الكتابة في علم الأحياء

مرجع استعمل البيانات التي جمعتها لعمل ملخص حقائق يحوي صورًا ومعلومات مهمة حول كل من شوكيات الجلد التي درستها. ثمَّ ضم ملخصك إلى ملخصات الطلبة الآخرين لتكون في النهاية مرجعًا عن شوكيات الجلد يبقى في مركز مصادر التعلم في مدرستك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 1

دليل مراجعة الفصل

المطويات **حلّ** استعمل ما تعلمته في هذا الفصل لمناقشة تصنيف اللافقاريات الحبلية مع شعبة الحبليات.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–1 خصائص شوكيات الجلد	
اللواقط القدمية الجهاز الوعائي المائي المصفاة القدم الأنبوبية الحوصلة	**الفكرة الرئيسة** **شوكيات الجلد حيوانات بحرية لها هيكل داخلي بأشواك، وجهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية؛ ولأفرادها البالغة تناظر شعاعي.** • يمكن تحديد الأفراد البالغة من شوكيات الجلد باستعمال أربع صفات تركيبية رئيسة. • لشوكيات الجلد جهاز وعائي مائي، وأقدام أنبوبية. • لشوكيات الجلد تكيفات متنوعة للتغذّي والحركة. • لشوكيات الجلد التي تعيش حاليًّا ست طوائف رئيسة.
1–2 اللافقاريات الحبلية	
الحبليات اللافقاريات الحبلية الحبل الظهري الذيل خلف الشرجي الحبل العصبي الظهري الأنبوبي الجيوب البلعومية	**الفكرة الرئيسة** **اللافقاريات الحبلية لها صفات تربطها مع الفقاريات الحبلية.** • للحبليات أربع صفات رئيسة جعلتها مختلفة عن الحيوانات غير الحبلية. • للافقاريات الحبلية جميع صفات الحبليات إلَّا أنه ليس لها الصفات الرئيسة للفقاريات الحبلية. • الحبل الظهري تكيُّف يُمكّن الحيوانات من الحركة بطرائق لم تتحرك بها من قبل. • السهيم من اللافقاريات الحبلية، له شكل يشبه السمكة، ولأفراده البالغة كل الصفات الرئيسة للحبليات. • الكيسيات لافقاريات حبلية كيسية الشكل، ولها صفات الحبليات وهي في مرحلة اليرقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 1

التقويم

1-1

مراجعة المفردات

ميز بين زوجي المصطلحات الآتية:

1. قدم أنبوبية، وحوصلة عضلية
2. مصفاة، وجهاز وعائي مائي

تثبيت المفاهيم الرئيسة

3. أيّ مما يأتي ليس من شوكيات الجلد؟

a

b

c

d

4. أيّ شوكيات الجلد الآتية يُعد حيوانًا جالسًا في طور من حياته؟
   a. خيار البحر.
   b. زنابق البحر.
   c. نجم البحر الهش.
   d. قنفذ البحر.

5. ما الوظائف الثلاث التي تقوم بها القدم الأنبوبية؟
   a. تكاثر، تغذٍّ، تنفس.
   b. تغذٍّ، تنفس، تنظيم عصبي.
   c. تغذٍّ، تنفس، حركة.
   d. نمو جنيني، تكاثر، تنفس.

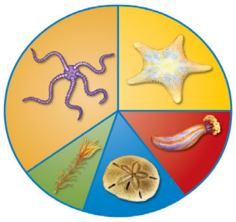
6. أيّ مما يأتي مرتبط بثانوية الفم؟
   a. المفصليات.
   b. الديدان الحلقية.
   c. الرخويات.
   d. الحبليات.

7. أيّ مما يأتي له علاقة بحماية شوكيات الجلد؟
   a. هيكل داخلي، ملاقط، أشواك.
   b. مصفاة، لوامس، هيكل داخلي.
   c. نظام وعائي مائي، حوصلة، ملاقط.
   d. هيكل خارجي، ملاقط، أشواك.

8. من الفروق الرئيسة بين اليرقة والحيوان البالغ في شوكيات الجلد:
   a. اليرقة بدائية الفم، والحيوان البالغ ثانوي الفم.
   b. اليرقة ثانوية الفم، والحيوان البالغ بدائي الفم.
   c. لليرقة تناظر جانبي، وللبالغ تناظر شعاعي.
   d. لليرقة تناظر شعاعي وللبالغ تناظر جانبي.

9. أيّ مجموعات شوكيات الجلد الآتية لها شجرة تنفسية مع العديد من التفرعات؟
   a. خيار البحر.
   b. نجم البحر.
   c. زنابق البحر.
   d. قنفذ البحر.

أسئلة بنائية



استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 10 و11.

10. **إجابة قصيرة.** افحص الرسم الدائري وقدر نسبة شوكيات الجلد من نوع خيار البحر.

11. **نهاية مفتوحة.** افحص الرسم الدائري، واشرح لماذا لا تظهر طائفة اللؤلئيات مع الطوائف الأخرى لشوكيات الجلد الحية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

1 تقويم الفصل

12. **نهاية مفتوحة.** وجد العلماء أحفورة لها الصفات الآتية: هيكل داخلي شبيه بالهيكل في شوكيات الجلد، شكل يشبه الذيل مع فتحة الشرج في نهاية الذيل، شكل يمكن أن يكون خيشومًا، تناظر شبيه بشوكيات الجلد. كيف يستطيع العلماء أن يصفوا هذا الحيوان اعتمادًا على تصنيف شوكيات الجلد؟

13. **نهاية مفتوحة.** الحيوانات في منطقة المد والجزر تعاني من نقص الماء، وارتفاع درجة الحرارة أكثر من الحدود التي تستطيع الحيوانات تحملها. وتبقى درجة حرارة نجم البحر نحو 18 درجة أقل من درجة حرارة بلح البحر في المنطقة الواحدة في يوم حار. كوّن فرضية تبين فيها لماذا تكون درجة حرارة جسم نجم البحر أقل؟

التفكير الناقد

14. **لاحظ ثم استنتج.** في أثناء سيرك على الشاطئ وجدت حيوانًا له العديد من الأذرع الجلدية والأقدام الأنبوبية. إلى أي أنواع الحيوانات يمكن أن ينتمي هذا الحيوان؟

15. **كوّن فرضية.** لبعض قنافذ البحر فترة حياة طويلة. كوّن فرضية حول سبب ذلك.

1-2

مراجعة المفردات

استبدل الكلمات التي تحتها خط بمصطلحات صحيحة من صفحة دليل مراجعة الفصل.

16. اللافقاريات لها صفات الحبليات، وليس لها عمود فقري.

17. تركيب يمكن اللافقاريات من السباحة بتحريك الذيل إلى الأمام والخلف.

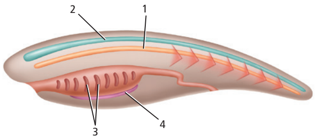
18. وصلات تربط تجويف الفم بالمرئ، تكون شقوقًا، وتستعمل في ترشيح الغذاء في بعض اللافقاريات الحبلية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. أيّ مما يأتي يوجد في الحبليات خلال فترة من حياتها؟
   a. جهاز وعائي مائي، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.
   b. قميص، جيوب بلعومية، حبل شوكي ظهري أنبوبي، ذيل خلف شرجي.
   c. أقدام أنبوبية، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.
   d. حبل شوكي ظهري أنبوبي، حبل ظهري، جيوب بلعومية، ذيل خلف شرجي.

20. ما الوظيفة الرئيسة للذيل خلف الشرجي؟
   a. الدوران.
   b. الهضم.
   c. المرونة.
   d. الحركة.

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 21 و 22.



21. أصبحت السباحة كسباحة السمكة ممكنة بواسطة التركيب:
   a. 1
   b. 2
   c. 3
   d. 4

22. أيّ التراكيب تتحول إلى دماغ وحبل شوكي في أغلب الحبليات؟
   a. 1
   b. 2
   c. 3
   d. 4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

23.أيّ الصفات الآتية ينطبق على حيوان بخاخ البحر البالغ؟
a. له تناظر جانبي.
b. له مظهر السهيم البالغ نفسه.
c. له صفة واحدة فقط من صفات الحبليات بوصفه حيوانًا بالغًا.
d. حيوان مفترس ونشط في السباحة.

24.ماذا تفرز القناة الداخلية في اللافقاريات الحبلية؟
a. البروتين المماثل لهرمون الغدة الدرقية.
b. المخاط.
c. الحبل الظهري.
d. الجيوب البلعومية.

25.شوكيات الجلد ذات صلة بالحبليات. أيّ الصفات الآتية تشتركان فيها؟
a. لهما جيوب بلعومية
b. بدائية الفم.
c. ثانوية الفم.
d. تجويف جسمي كاذب.

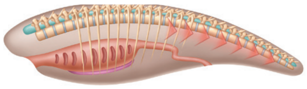
26.أيّ التراكيب الآتية يمكن أن يكوّن الغدة الدرقية؟
a. الحبل الشوكي الظهري الأنبوبي.
b. الحبل الظهري.
c. القناة الداخلية.
d. الجيوب البلعومية.

27.أيّ صفات الحبليات الآتية مكّن الحيوانات الكبيرة من التخصص؟
a. الحبل الشوكي الظهري الأنبوبي.
b. الحبل الظهري.
c. الجيوب البلعومية.
d. الذيل خلف الشرجي.

أسئلة بنائية

28.**نهاية مفتوحة.** وضّح لماذا لا توجد لافقاريات حبلية في المياه العذبة؟

29.**نهاية مفتوحة.** ماذا يحدث إذا اختفت جميع حيوانات السهيم؟



استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 30 و31.

30.**إجابة قصيرة.** افحص الرسم، ووضّح لماذا لا يمكن أن يكون هذا الحيوان لافقاريًّا حبليًّا؟

31.**إجابة قصيرة.** ما الصفات التي يشترك فيها هذا الحيوان مع اللافقاريات الحبلية؟

التفكير الناقد

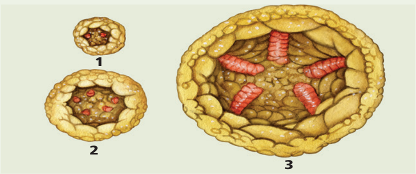
32.**حلّل** كيف يمكن أن تساعد يرقات المخلوقات العلماءَ على تصنيف الحيوانات وتحديد العلاقات التركيبية بينها؟

تقويم إضافي

33. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب قصيدة شعرية توضح فيها شوكيات الجلد المفضلة لديك. وتحقق أنك سوف تشير إلى صفاتها الحقيقية.

أسئلة المستندات

ادرس الرسوم التوضيحية لتكوين الأذرع في نجم البحر.



34.ما نوع التناظر المبين في الرسم رقم 1؟

35.بيّن كيف يمكن أن تتكون أذرع إضافية؟

36.كيف يعكس عدد الأذرع في الرسم 3 صفات لشوكيات الجلد جميعها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الصفــات الآتية جعلت شــوكيات الجلد قريبة من الفقاريات؟

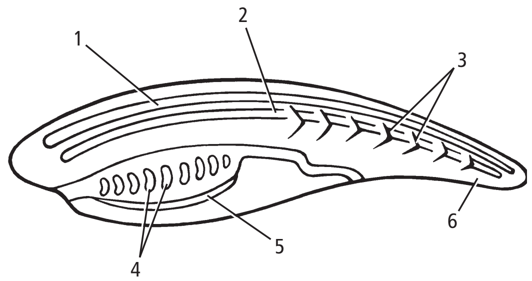
a. تناظر جانبي للأفراد المكتملة النمو.

b. يرقة حرة السباحة.

c. ثانوية الفم.

d. تناظر شعاعي لليرقات.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2، 3.



2. أيّ التراكيب حل محله عظم أو غضروف في الفقاريات الحبلية؟

a. 1   **c.** 4

b. 2   **d.** 5

3. أيّ التراكيب يعد حزمة من الأعصاب محمية بسائل؟

a. 1   **c.** 5

b. 3   **d.** 6

أسئلة الإجابات القصيرة

4. نجم البحر من شوكيات الجلد، يتغذى على المحارات. لماذا ينبغي على مزارعــي المحارات ألا يقطعوا أذرع نجم البحر ويلقوها مرة أخرى إلى الماء.

5. قــوّم تكيفات الدفــاع لمجموعتين مــن اللافقاريات الحبلية.

6. قارن بين الصفات الرئيسة لشــوكيات الجلد وحيوان آخر تعرفه من الشعبة نفسها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

7. اشرح فيم تتشابه شوكيات الجلد والديدان الحلقية؟

يساعد هذا الجدول على تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال

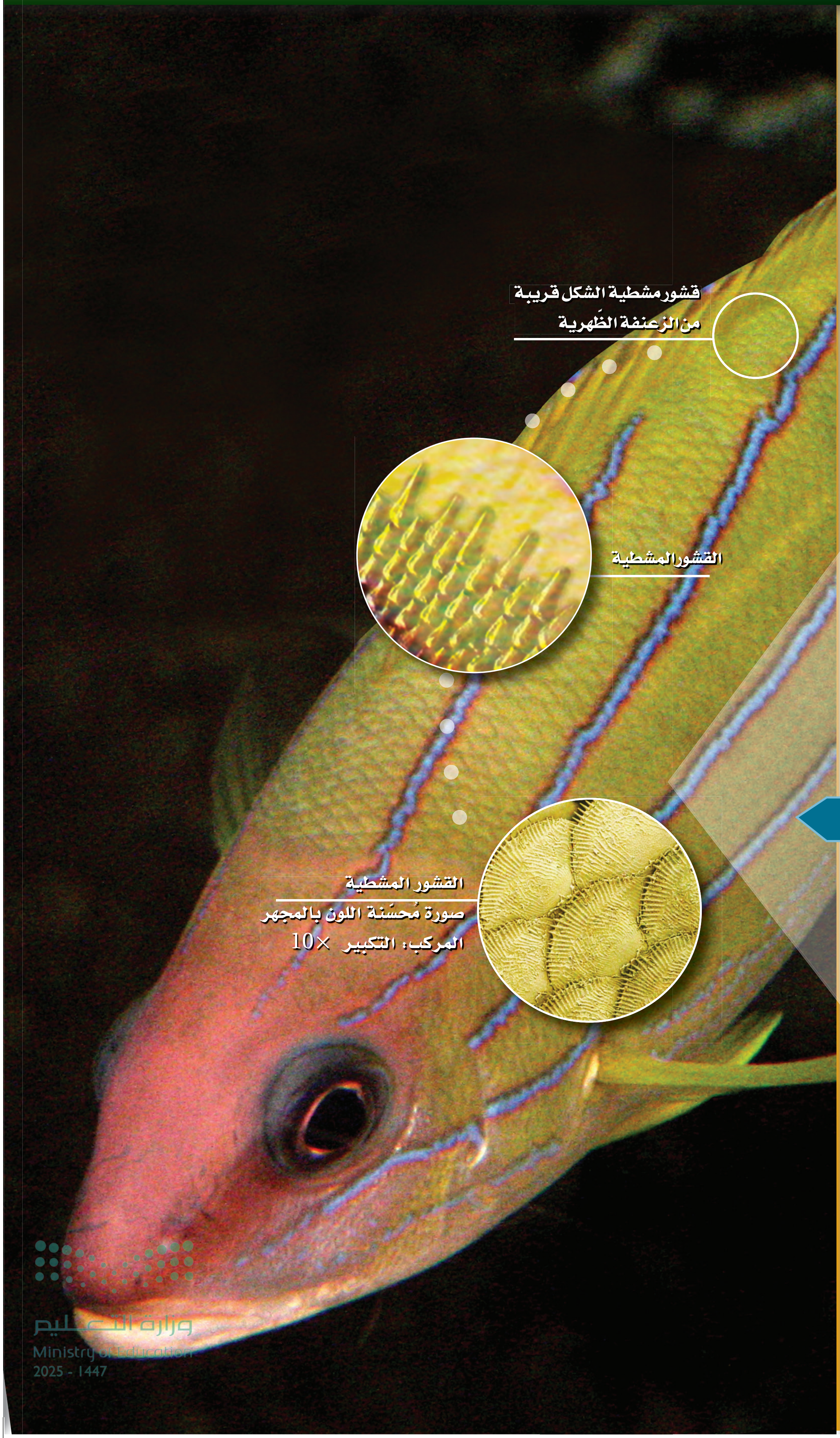
السؤال	1	2	3	4	5	6	7
الدرس / الفصل	1−1	1−2	1−2	1−1	1−2	1−1	1−1
الصف	1−2	1−2	1−2	1−2	1−2	1−2	1−2

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 2

الأسماك والبرمائيات

Fishes and Amphibians



الفكرة العامة خلق الله للأسماك تكيفات تساعدها على العيش في البيئات المائية. في حين تكيفت معظم البرمائيات ـ بما وهبها الله تعالى من خصائص ـ لتعيش جزءًا من حياتها على اليابسة.

2-1 الأسماك

الفكرة الرئيسة الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتَّكاثر في الماء.

2-2 البرمائيات

الفكرة الرئيسة لمُعظم البرمائيات تكيفات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.

حقائق في علم الأحياء

- تحتوي قشور الأسماك على حلقات نمو تشبه تلك التي في جذوع الأشجار.
- تحتوي بعض القشور على مادة المينا، وهي المادة نفسها التي تكوِّن الأسنان.
- قشور الأسماك عديمة اللون؛ أما اللَّون الظاهر فيأتي من الجلد الذي يلي القشور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة استهلالية

ما خصائص المجموعات المختلفة من الأسماك؟

صُنِّفت الأسماك في ثلاث مجموعات رئيسة ـ أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية ـ اعتمادًا على خصائصها الداخلية والخارجية. ستقارن في هذه التجربة بين الخصائص الخارجية للأسماك في المجموعات الثلاث.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التَّجارب العملية.
2. افحص صورًا تمثِّل كلًّا من مجموعات الأسماك الثلاث. انظر إلى بعض الخصائص ومنها الجلد/ القشور، وموقع الزعنفة، وشكل كلٍّ من الزعنفة والعينين والفم والأسنان والجسم والذيل.
3. صمِّم جدولًا، وسجِّل فيه المعلومات التي تتعلق بالمميِّزات الخارجية للمجموعات المختلفة للأسماك.

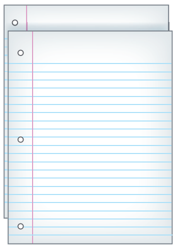
التَّحليل

1. **لخِّص** ما الاختلافات الرئيسة للخصائص الخارجية لهذه المجموعات من الأسماك؟
2. **استنتج** ما أهمية فحص التراكيب الخارجية وخصائص المخلوقات الحية والمقارنة بينها عند تصنيفها؟

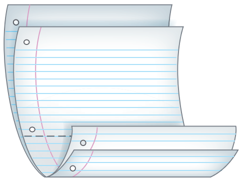
المطويات
منظمات الأفكار

الأسماك والبرمائيات اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على تحديد خصائص الأسماك والبرمائيات.

الخطوة 1: ضع ورقتين إحداهما فوق الأخرى، على أن تبعد إحداهما عن الأخرى رأسيًّا مسافة 1.5 ، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثن الطرف السفلي للورقة لتكوين ثلاثة ألسنة متساوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبِّت الأوراق معًا على طول الطرف المثنيّ، وعنون كل لسان كما في الشكل الآتي:

المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 1–2** و2–2. سجِّل -وأنت تقرأ الدرس- معلوماتك عن خصائص كل مجموعة، ثم ارسمها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

2-1

الأهداف

- **تحدِّد** خصائص الفقاريات التي تميزها عن اللافقاريات.
- **تصف** أهم الخصائص المُشتركة بين طوائف الأسماك.
- **تلخِّص** تكيُّف خصائص الأسماك مع الحياة المائية.
- **تقارن** بين الخصائص المختلفة لطوائف الأسماك.

مراجعة المفردات

الحبل الظهري Notochord: تركيب مرن يشبه العصا، يمتد على طول الجسم.

المفردات الجديدة

الغضروف
العرف العصبي
الزعنفة
القشور
غطاء الخياشيم
الأُذين
البُطين
الوحدة الأُنبوبية الكلوية (النفرون)
جهاز الخط الجانبي
وضع البيض (التبويض)
مثانة العوم

الأسماك Fishes

الفكرة الرئيسة **الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتّكاثر في الماء.**

الرّبط مع الحياة لعلك رأيت حوض ماء مليئًا بأسماك ملونة تشبه تلك التي في الصورة في بداية الفصل. ما التكيُّفات التي تُمكِّن الأسماك من العيش في الماء؟ للأسماك خصائص فريدة تسمح لها بالعيش والتكاثر في الماء.

خصائص الفقاريات

Characteristics of Vertebrates

درست حتى الآن الإسفنجيات واللاسعات والرخويات والديدان بأنواعها والمفصليات وشوكيات الجلد، وكلها لا فقاريات. تذكّر أنَّ أهم أربع خصائص للحبليات هي أن لها حبلاً عصبيًّا ظهريًّا، وحبلًا ظهريًّا، وجيوبًا بلعومية، وذيلًا خلف شرجي وتندرج الحيوانات الفقارية ضمن تحت شعبة الفقاريات. ولهذه الفقاريات عمود فقري وخلايا مُتخصِّصة تنمو من الحبل العصبي. ويعد العمود الفقري سمة أساسية للفقاريات. تضم طوائف الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزّواحف والطُّيور والثدييات.

العمود الفقري Vertebral column في معظم الفقاريات يحل العمود الفقري – الذي يحيط بالحبل العصبي ويحميه– محل الحبل الظَّهري. ويحدث استبدال الحبل الظَّهري خلال النمو الجنيني. فالغضروف أو العظم هما المادتان المكونتان للهياكل الدَّاخلية لمعظم الفقاريات. ويُعرّف **الغضروف** cartilage بأنه مادة قاسية مرنة تُكوِّن هياكل أو أجزاء من هياكل الفقاريات.

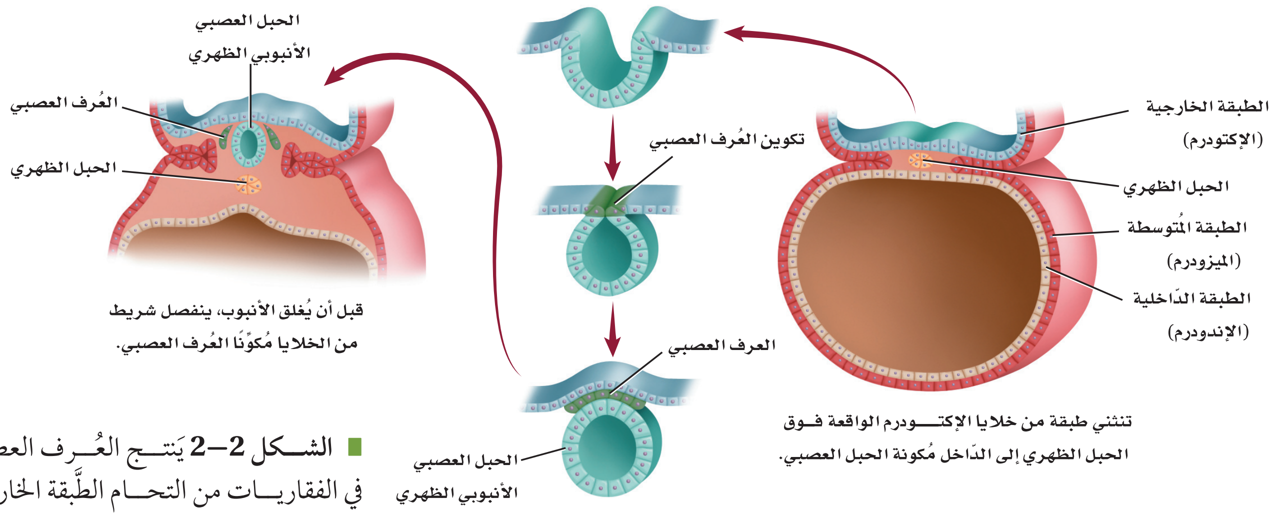
تُعد الأعمدة الفقرية، المبينة في **الشكل 1–2**، تراكيب مهمّة للفقاريات. ويعمل العمود الفقري عمل عصا قوية ومرنة؛ حيث تستند عليه العضلات في أثناء السِّباحة أو الرَّكض. وتساعد الفقرات المنفصلة الحيوان على التَّحرُّك بسرعة وسهولة. كما تُساعد العظام على انقباض العضلات بقوة، فتزيد من قوة الحيوان.

الشكل 1–2 يوجد العمود الفقري في معظم الفقاريات، ومنها الأسماك والزَّواحف المبينة في الشكل أدناه.

سمكة

الأفعى المجلجلة ذات القرون

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



قبل أن يُغلق الأنبوب، ينفصل شريط من الخلايا مُكوّنًا العُرف العصبي.

تنثني طبقة من خلايا الإكتودرم الواقعة فوق الحبل الظهري إلى الدّاخل مُكونة الحبل العصبي.

■ **الشكل 2–2** يَنتج العُرف العصبي في الفقاريات من التحام الطّبقة الخارجية من حافتي الانثنائين العصبيين في المرحلة الجنينية.

العُرف العصبي Neural crest تحدث عملية أخرى مهمّة في أثناء تكوُّن الحبل العصبي خلال النمو الجنيني في الفقاريات، وهي تكوّن **العُرف العصبي** neural crest، وهو مجموعة من الخلايا، تتكون من الحبل العصبي في الفقاريات. ويوضح **الشكل 2–2** عملية تكوُّن العُرف العصبي. وعلى الرَّغم من أنَّ هذه المجموعة من الخلايا صغيرة إلا أنها مهمّة لنمو الفقاريات؛ لأنَّ العديد من أجزاء أجسام الفقاريات المُهمّة تنتج عن العُرف العصبي. ومن هذه الأجزاء أجزاء من الدِّماغ والجُمجمة وبعض أعضاء الإحساس، وأجزاء من الجيوب البلعومية، وعزل (تغليف) الألياف العصبية، وخلايا غُدد مُحدَّدة.

ومن الخصائص الأُخرى المميزة للفقاريات وجود الأعضاء الدَّاخلية، ومنها الكلى والكبد والقلب، وجهاز دوري مغلق.

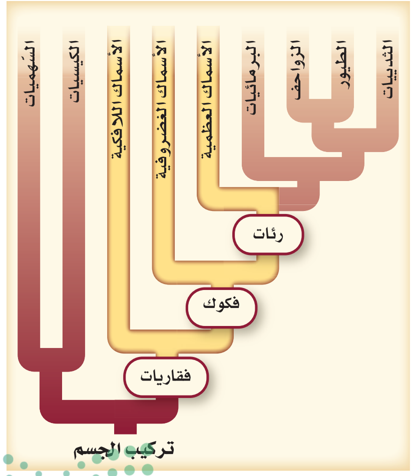
ماذا قرأت؟ فسِّر لماذا يُعد العُرف العصبي صفة مهمة للفقاريات؟

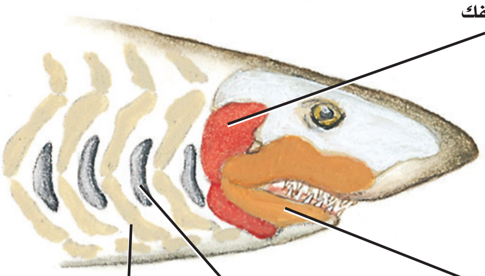
خصائص الأسماك Characteristics of Fishes

تعيش الأسماك في معظم البيئات المائية على سطح الأرض، في البحار والبِرَك والجداول وبعض المستنقعات، وبعضها الآخر يعيش في الظلمة التامة في قاع المحيط. كما تعيش أسماك أُخرى في المياه المتجمدة في المناطق القطبية؛ حيث يحتوي دمها على بروتينات خاصة تمنع تجمده. وهناك نحو 24,600 نوع من الأسماك، وهذا يفوق مجموع أنواع الفقاريات كلها مجتمعة، وتتراوح حجومها بين أسماك قرش الحوت Whale shark التي قد يبلغ طولها 18 m، إلى أسماك المشط الصغيرة وهي في حجم ظفر الإنسان.

وقد خلق الله للأسماك عددًا من الخصائص التركيبية ساعدتْها على العيش في معظم البيئات المائية، من هذه الخصائص المهمة وجود الفكوك في بعض الأسماك، والرِّئات في بعضها الآخر. ويوضح مخطط العلاقات التركيبية في **الشكل 3–2** أن هناك ثلاث طوائف من الأسماك، كلّها فقاريات. وعلى الرَّغم من أنَّ أجسام الأسماك تختلف في الشّكل والتّركيب كثيرًا، إلا أنّ لها العديد من الصِّفات المشتركة. ولمعظم الأسماك عمود فقري وفكوك وزعانف مزدوجة وقشور وخياشيم ودورة دموية واحدة، ولا تستطيع بناء بعض الأحماض الأمينية.

■ **الشكل 3–2** تم تمييز الطوائف المختلفة من الأسماك بالألوان في هذا المخطط.





■ **الشـكل 4–2** تتكـون الفكـوك من الأقواس الخيشـومية الأمامية في الأسـماك الفكية.

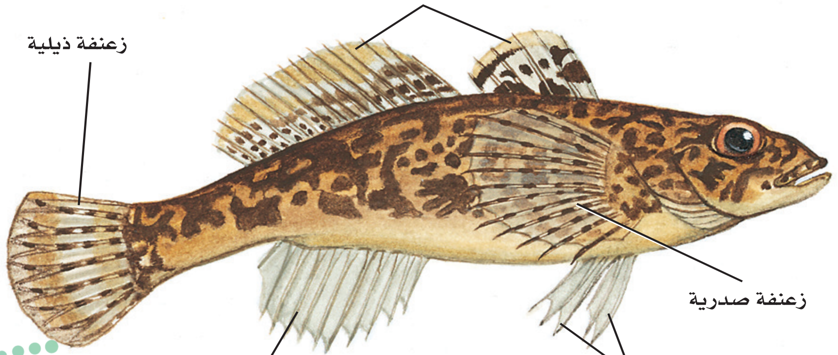
الفكوك Jaws لمعظم الأسماك فكوك. ويوضِّح **الشكل 4–2** الأقواس الخيشومية التي تكوِّن الفكوك في الأسماك؛ إذ تسمح هذه الفكوك للأسماك الكبيرة بافتراس العديد من المخلوقات الحية، وقد تكون قادرة على افتراس أسـماك أكبر حجمًا وأكثر نشاطًا، فتُمسك الأسماك الفريسة بأسنانها القوية، وتحطِّمها بعضلات فكَّيها القوية. كما تساعد الفكوك الأسماك على الدفاع عن نفسها ضد بعض المُفترسات.

ماذا قرأت؟ صف ما أهمية الفكوك في الأسماك؟

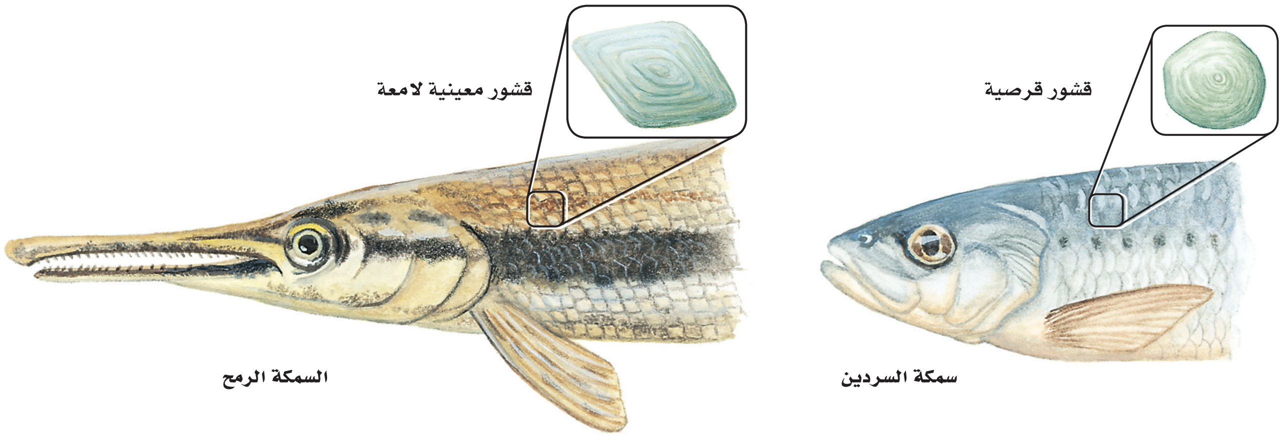
الزعانف المزدوجة Paired fins من بديع صنـع الخالق عز وجل أن وهب للأسـماك تراكيب مختلفة، ومنها الزَّعانف المزدوجة؛ لتساعدها على العيش في البيئات المائية المتنوعة. **الزعنفة** fin تركيب يشـبه المجداف على جسم السمكة، أو أي حيوان مائي آخر، تُسـتعمل للتَّوازن، وتغييـر اتجاه الحركة، والاندفاع إلى الأمام. والزَّعانف الحوضية والزَّعانف الصَّدرية، المبينة في **الشـكل 5–2**، تمنح السَّمكة استقرارًا أكثر أثناء السباحة. ولمعظم الأسماك زعانف مزدوجة؛ تُقلِّل من فرصة الانقلاب الجانبي (عدم التوازن) للسمكة، وتسمح بتوجيه أفضل لها خلال السِّباحة.

ساهم وجود كل من الفكوك والزعانف المزدوجة لدى الأسماك في قدرتها على افتراس بعض الأسـماك الأخرى، كما مكنتها هذه التراكيب من العيش في بيئات جديدة، وإنتاج أجيال أكثر.

■ **الشكل 5–2** الزَّعانف المُزدوجة للأسماك (ومنها الزَّعانف الحوضية والصَّدرية) تسمح لها بالحفاظ عـلى توازُنها في أثناء السـباحة، وتغيير اتجاه حركتها في الماء.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



القشور Scales للأسماك نوع واحد على الأقل من أربعة أنواع مختلفة من القشور. و**القشور** scales تراكيب صغيرة مُسطَّحة تشبه الصَّفيحة، توجد بالقُرب من سطح الجلد في معظم الأسماك. ومنها: القشور المشطية في صورة أحد أنواع الأسماك العظمية الموضحة في بداية هذا الفصل، وكذلك القشور القرصية التي تتكون من عظم وجلد، وهي رقيقة مرنة، تغطي جسم سمكة السردين، كما في **الشكل 6–2**. أما قشور القرش فتُسمَّى القشور الصفائحية، وهي مكونة من مواد قاسية وثقيلة، وتشبه الأسنان، كما في **الشكل 14–2** الذي ستدرسه لاحقًا. وأما النوع الرابع من القشور فهو القشور المعينية اللامعة التي تغطي جسم السمكة الرمح، المبينة في **الشكل 6–2**، وهي معينية الشكل ومكوَّنة من مينا (المادة نفسها التي تغطي أسنان الإنسان) وعظم.

ماذا قرأت؟ **استنتج** لماذا تختلف القشور باختلاف نوع السمكة؟

الشكل 6–2 يبين نوعين من قشور الأسماك، هما القشور المعينية، والقشور القرصية.
صف **الفروق الظاهرية بين القشور القرصية والقشور المعينية.**

تجربة 1–2

ملاحظة سمكة

ما خصائص الأسماك التي تستنتجها من خلال الملاحظة؟

ستلاحظ في هذه التَّجربة سمكة في بيئتها المائية.

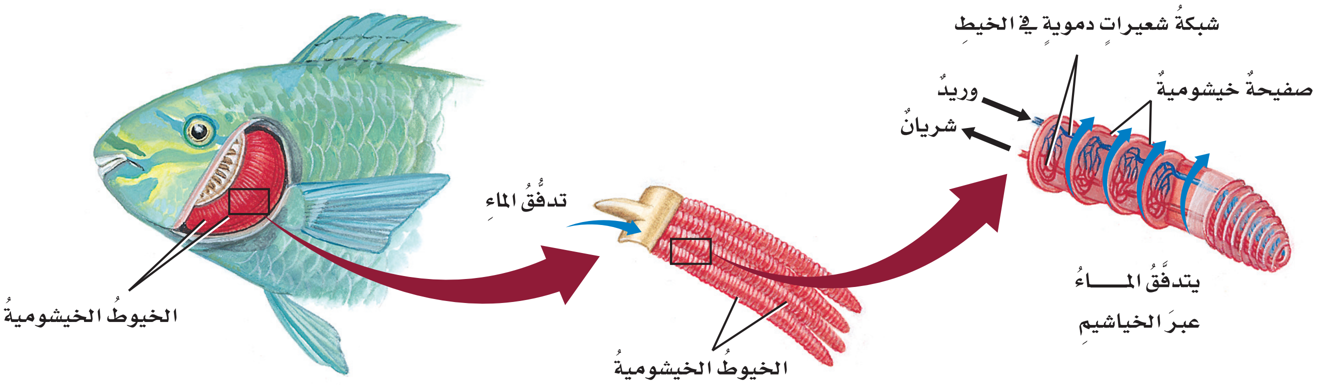
خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ سمكة (أسماكًا) في حوض مائي.
3. ارسم شكلًا توضيحيًّا لسمكة، ثم أشر إلى التراكيب الآتية: الزعنفة الظَّهرية، الزعنفة الذَّيلية، الزعنفة الشَّرجية، الزعانف الصَّدرية، الزعانف الحوضية، القشور، الفم، العين، غطاء الخياشيم.
4. لاحظ كيف تتحرَّك السمكة في الماء. ووضِّح كيف تُحرِّك السمكة جسمها وزعانفها عندما تتحرَّك إلى الأمام في الماء.

التَّحليل

1. **استنتج** جسم السَّمكة مُقسَّم إلى ثلاث مناطق: رأس، وجذع، وذيل. حدد هذه المناطق على الشَّكل الذي رسمته.
2. **طبِّق** افترض أنَّ سمكة فقدت إحدى زعانفها الصَّدرية عندما أفلتت من مُفترس. كيف يُمكن أن يُؤثِّر هذا في قدرتها على التَّحرُّك في الماء؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 7–2** تحتوي الصفيحة الرقيقة لخياشيم السمكة على العديد من الأوعية الدموية.

استنتج لماذا تتكوَّن خياشيم الأسماك من نسيج رقيق جدًّا؟

الخياشيم Gills يسمح تكيف آخر للأسماك بالعيش في البيئات المائية، وهو قُدرتها على الحصول على الأكسجين من الماء؛ إذ تحصل الأسماك على الأكسجين عندما يدخل الماء فمها، ثُمَّ يعبر خياشيمها، فينتشر الأكسجين من الماء إلى الدَّم. وتتكوَّن الخياشيم من خيوط رقيقة مُغطَّاة بصفيحة شديدة الانثناء. ويوضِّح **الشكل 7–2** تركيب الخياشيم في معظم الأسماك. وتحتوي الصفيحة على العديد من الأوعية الدَّموية التي يمكنها أن تأخذ الأكسجين، وتطلق ثاني أكسيد الكربون. ويتدفق الدَّم في الخياشيم في عكس اتجاه جريان الماء على سطح الخياشيم. وجريان التَّيار المُعاكس يمثل آلية فعَّالة يُمكن بها استخلاص الأكسجين من الماء. و يُستخلص **85%** من الأكسجين المُذاب في الماء تقريبًا عندما يجري الماء فوق الخياشيم في اتجاه، ويجري الدَّم في اتجاه آخر. ولبعض الأسماك **غطاء خيشومي** operculum؛ وهو غطاء متحرِّك يغطِّي الخياشيم ويحميها، ويساعد هذا الغطاء أيضًا في ضخّ الماء القادم من الفم عبر الخياشيم. وبعض الأسماك ـ ومنها سمكة الرِّئة Lung fish – يمكنها أن تعيش خارج الماء لأوقات قصيرة باستخدام تراكيب تشبه الرِّئات. ويمكن لأسماك الأنقليس eel (ثعبان الماء) أن تتنفَّس من خلال الجلد الرَّطب عندما تكون خارج الماء.

جهاز الدوران Circulation للفقاريات دورة دموية مغلقة، يتمُّ فيها ضخ الدم عبر الأوعية الدموية. ويوضح **الشكل 8–2** الجهاز الدوري للأسماك، حيث يجري الدَّم ـ في أغلب الأسماك ـ في دورة دموية واحدة، ويتدفق من القلب إلى الخياشيم، ثم عبر الجسم، فيصل إلى الأنسجة ليزودها بالأكسجين، ثم يعود إلى القلب. ويُضخُّ مرة أُخرى من القلب إلى الخياشيم، ثم إلى جميع أجزاء الجسم مرة أخرى. ولأن هذا النظام يشكل دورة واحدة كاملة ومُتصلة، فإنَّه يُسمَّى الجهاز الدوري ذا الدورة الواحدة المغلقة.

يتكوَّن القلب ـ في أغلب الأسماك ـ من حُجرتين رئيستين تشبهان الأُذين والبُطين في قلبك. **والأُذين** atrium هو حُجرة القلب التي يصلها الدَّم من جميع أجزاء الجسم، ثم ينتقل منه إلى **البُطين** ventricle؛ وهو الحجرة التي تضُخّ الدَّم من القلب إلى الخياشيم. وعندما يمرّ الدَّم في الخياشيم ينتقل إلى سائر أجزاء الجسم.

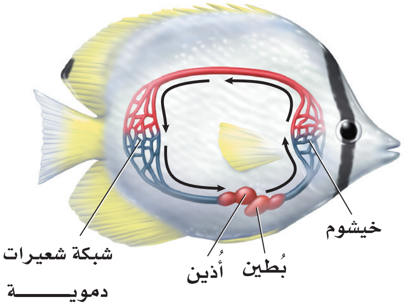
المفردات

أصل الكلمة

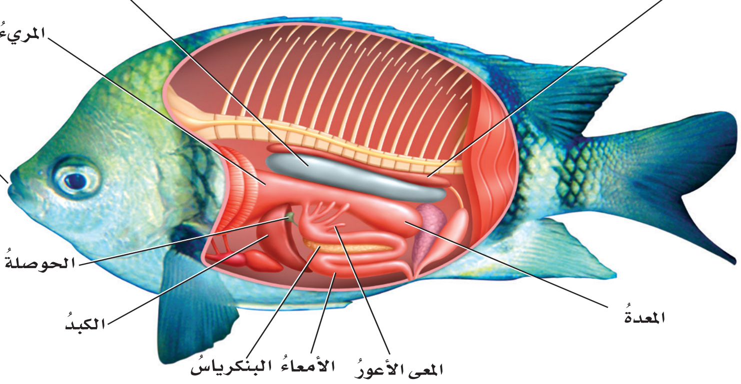
الأُذين Atrium

من الكلمة اللاتينية atrium، وتعني ممرًّا رئيسًا، وفي اللغة العربية هو أحد التجويفين في القسم الأعلى من القلب.

■ **الشكل 8–2** يضخُّ قلب السَّمكة الدَّم عبر جهاز دوري مُغلق.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 9–2 أعضاء الجهاز الهضمي للسمكة تُشبه مثيلتها في الفقاريات الأُخرى.
اعمل قائمة بالتَّراكيب التي يمرُّ عبرها الطَّعام في أثناء هضمه.

التغذية والهضم Feeding and digestion تحصل بعض الأسماك على الغذاء بتصفيته من الماء، أو بالترمم بامتصاصه من بقايا عضوية في قعر المحيط. أمَّا الأسماك الفكية فهي مُفترسات فعّالة تتنوع مصادر غذائها. ويتكوَّن الجهاز الهضمي للأسماك، المبين في **الشكل 9–2**، من أعضاء تشبه مثيلتها في الفقاريات الأُخرى.

تبتلع معظم الأسماك غذاءها كاملاً، ثم يمرُّ إلى المعدة عبر أُنبوب يُسمى المريء، حيث يبدأُ الهضمُ، ويمر الغذاء بعد ذلك إلى الأمعاء، ليحدث مُعظم الهضم فيها. ولبعض الأسماك أكياس بوّابية (معي أعور)؛ وهي أكياس صغيرة عند منطقة اتصال المعدة بالأمعاء، تُفرز إنزيمات هاضمة، كما تمتص الغذاء إلى مجرى الدَّم. ويفرز كل من الكبد والبنكرياس والحوصلة الصفراوية عصارة هضمية تُساعد على إتمام الهضم.

وتتصف الأسماك بأنها لا تستطيع تصنيع بعض الأحماض الأمينية؛ لذا يجب أن تحصل – مثل بعض أنواع الفقاريات الأخرى – على هذه الأحماض من الأغذية التي تأكلها.

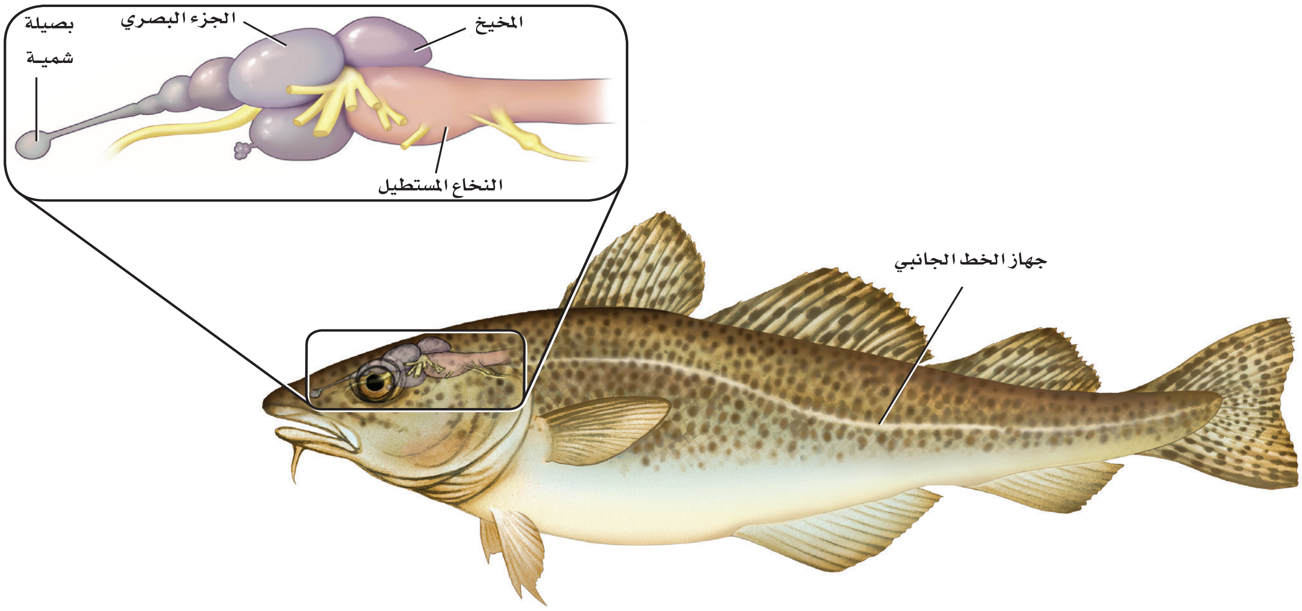
الإخراج Excretion تُنقَّى الفضلات الخلوية من دم الأسماك عن طريق أعضاء تُسمَّى الكُلى، وتسمى الوحدة الوظيفية الأساسية للكلية **الوحدة الأُنبوبية الكلوية (النفرون)** nephron؛ وهي وحدة تنقية داخل الكلية تساعد على المحافظة على اتزان الماء والأملاح في الجسم، وتُزيل الفضلات الخلوية من الدَّم. وبعض هذه الفضلات يُطرح عن طريق الخياشيم.

الربط مع الكيمياء تستعمل أسماك المياه العذبة الخاصية الأسموزية لتأخذ الماء؛ وذلك لأن الماء المحيط بالأسماك يحوي تركيزًا منخفضًا من الأملاح؛ أي أن الماء يحتوي على عدد جزيئات كبير من الماء، مقارنة بعدد جزيئات الماء داخل أنسجة الأسماك. أما في الأسماك العظمية التي تعيش في المياه المالحة فيحدث العكس؛ لأن الماء المحيط يحوي تركيزًا عاليًا من الأملاح؛ أي أن عدد جزيئات الماء فيه قليل مقارنة بعدد جزيئات الماء داخل أنسجة الأسماك، لذلك فإن أجسام الأسماك تكون قابلة لفقد الماء. وتقوم الكليتان والخياشيم وغيرها من الآليات الداخلية بتنظيم اتزان الماء والأملاح في أجسام أسماك المياه العذبة والمالحة.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم الأسماك (البحار) Ichthyologist يبحث عن معلومات حول سلوك الأسماك، وبيئتها، وتشريحها، ووظيفتها، سواء أكان ذلك في الميدان أم في المختبر. كما يهتم عالم الأسماك أيضًا بالأحواض المائية، وينظِّم مجموعات المتاحف، ويدرِّس في الجامعات، ويحاول المحافظة على جماعات الأسماك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 10–2** للأسماك دماغ يُمكّنها من القيام بوظائفها الحيوية.

استنتج **كيف يختلف دماغ سمكة تعيش على البقايا العضوية في قاع بركة ماء عن دماغ سمكة مُفترسة تسبح بخفة خلف فريسة؟**

الدِّماغ والحواس Brain and Senses يتكون الجهاز العصبي للأسماك - كما في الفقاريات الأُخرى - من حبل شوكي ودماغ كما في **الشكل 10-2**. ويقوم المُخيخ بتنسيق الحركة والتَّحكُّم في الاتزان. وللأسماك مُستقبلات شمية للإحساس بالروائح، تُمكّنها من اكتشاف المواد الكيميائية الذائبة في الماء. وتستجيب بُصيلات الشَّم للمنبه الكيميائي، وللأسماك أيضًا القدرة على الرؤية الملونة، حيث إن الأجزاء البصرية في الدماغ مسؤولة عن المعلومات البصرية. كما ينسِّق المخ المعلومات التي تستقبلها أجزاء الدِّماغ الأخرى، في حين يسيطر النّخاع المستطيل على الأعضاء الدَّاخلية.

وتستطيع الأسماك أن تكتشف أقل حركة في الماء؛ لأن لها مُستقبلات أُخرى تُسمى جهاز الخط الجانبي. **وجهاز الخط الجانبي** lateral line system يُمكّن السَّمكة من اكتشاف الحركة في الماء، ويساعد أيضًا على إبقائها معتدلة ومتَّزنة. ويوضح **الشكل 10-2** جهاز الخط الجانبي في السَّمكة.

التَّكاثُر Reproduction تتكاثر معظم الأسماك بالإخصاب الخارجي. وتُطلق الأسماك ذكورًا وإناثًا أمشاجها (خلاياها التناسلية) بعضها قريبًا من بعض، خلال عملية تُسمَّى **وضع البيض (التبويض)** spawning. فتحصل الأجنّة النَّامية على الغذاء من الطَّعام المخزون في مُحّ البيضة. وتتكاثر بعض الأسماك ـ ومنها سمكة القرش ـ بالإخصاب الدَّاخلي. وعلى الرَّغم من حدوث الإخصاب الداخلي فإن نمو الجنين في بعض أنواع الأسماك يكون خارج جسم الأنثى بعد أن تضع البيضة المُخصَّبة. ولبعض أنواع الأسماك إخصاب داخلي ينمو فيه الجنين داخل جسم الأنثى، وفي هذه الحالة يأخذ الجنين النَّامي غذاءه من جسم الأُم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وتستطيع الأسماك التي تتكاثر بالإخصاب الخارجي أن تنتج ملايين البيوض في الفصل الواحد. ومعظم هذه الأسماك لا تحمي بيضها ولا تعتني به ولا بصغارها. لذا يكون مصير العديد من هذه البيوض والصِّغار أن تفترسها حيوانات أخرى. وتنتج الأسماك كمية كبيرة من البيوض ليتمكن بعض الصغار من النُّمو والنَّجاة حتى يصلوا إلى سن التكاثر. أما ذكور أسماك الحارس الكبير Sergeant major fish، **الشكل 11-2**، فتحرس البيوض المُخصَّبة من المُفترسات حتى تفقس الصغار.

■ **الشكل 11-2** معظم الأسماك لا تعتني بصغارها؛ ومع ذلك فإن ذَكَر أسماك الحارس الكبير من الأسماك التي تعتني ببيوضها.

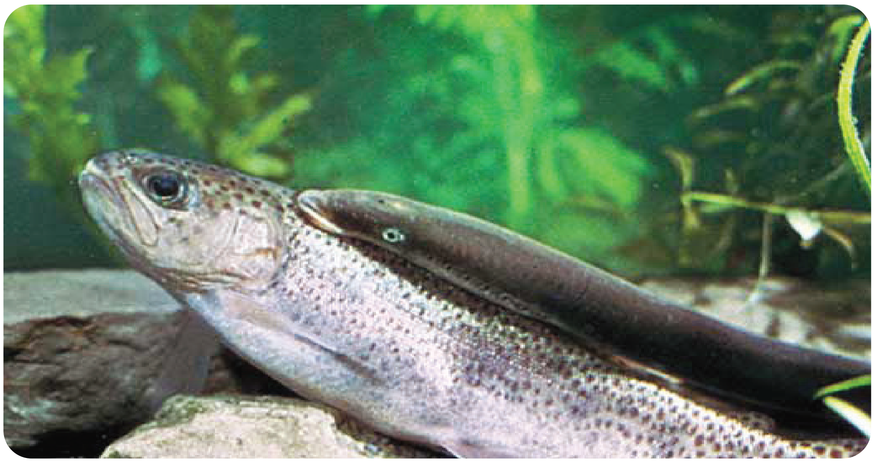
الحركة Movement تكيَّفت الأسماك بشكل جيد للسِّباحة في الماء؛ فمعظم الأسماك انسيابية الشَّكل، ولمعظمها مُخاط يُزيِّت سطح جسدها، ويُقلِّل من احتكاك السَّمكة بالماء. وتُمكِّن الزَّعانفُ الأسماكَ من تغيير الاتجاهات والمُناورة بعدَّة طرائق مُختلفة، وتُقلِّل قوة طفو الماء من تأثير الجاذبية في الأسماك. وبالإضافة إلى هذا فإن **مثانة العوم** swim bladder ـ وهي كيس مملوء بغاز مثل البالون يوجد في الأسماك العظمية ـ تسمح للسَّمكة بالتحكُّم في عمق غوصها، انظر **الشكل 9-2**. وعندما تنتشر الغازات خارج مثانة العوم يمكن للسَّمكة أن تغطس إلى أسفل. أما عندما تنتشر الغازات من الدَّم إلى داخل مثانة العوم فإنَّ السَّمكة ترتفع إلى أعلى خلال الماء.

الربط مع الفيزياء يبين **الشكل 12-2** حركة الأسماك عبر الماء، من خلال انقباض مجموعات عضلية على جانبي أجسامها، بحيث يسمح ترتيب العضلة بانقباضها، ومن ثَم انثناء جزء كبير من جسمها. وكلما انثنى هذا الجزء من الجسم دفع الماء بقوة، مولدًا قوة معاكسة تسمح بحركة السمكة إلى الأمام. وتتولد قوة الدفع في اتجاه الانثناء في جسم السمكة. كما أن الانقباض المتبادل للعضلات ـ الذي يبدأ على جهة واحدة من جسم السمكة ثم ينتقل إلى الجهة المقابلة ـ يحافظ على استمرار حركة السَّمكة بطريقة تشبه الحرف S.

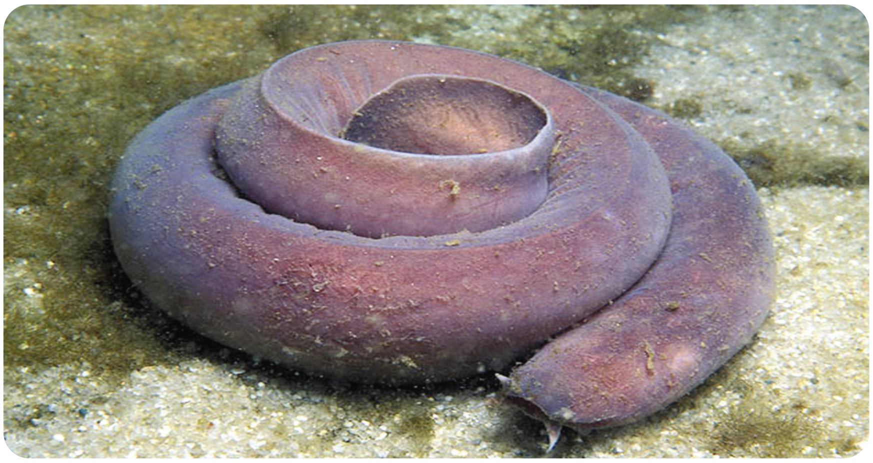
■ **الشكل 12-2** يُحرِّك الأنقليس جسمه كاملاً على نمط الحرف S. أما الأسماك الأخرى الأسرع في الحركة ـ ومنها السلمون المُرقّط ـ فتحرِّك ذيولها فقط عندما تندفع خلال الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ **الشكل 13–2** لأسماك الجريث والجلكي تراكيب تُشبه الأسنان على ألسنتها. وسمك الجلكي مُتطفل على الأسماك الحية الأُخرى.
صف التّكيُّفات التي تراها في صورة سمكة الجريث التي تُمكنها من العيش في قاع البحر.



الجلكي



الجريث

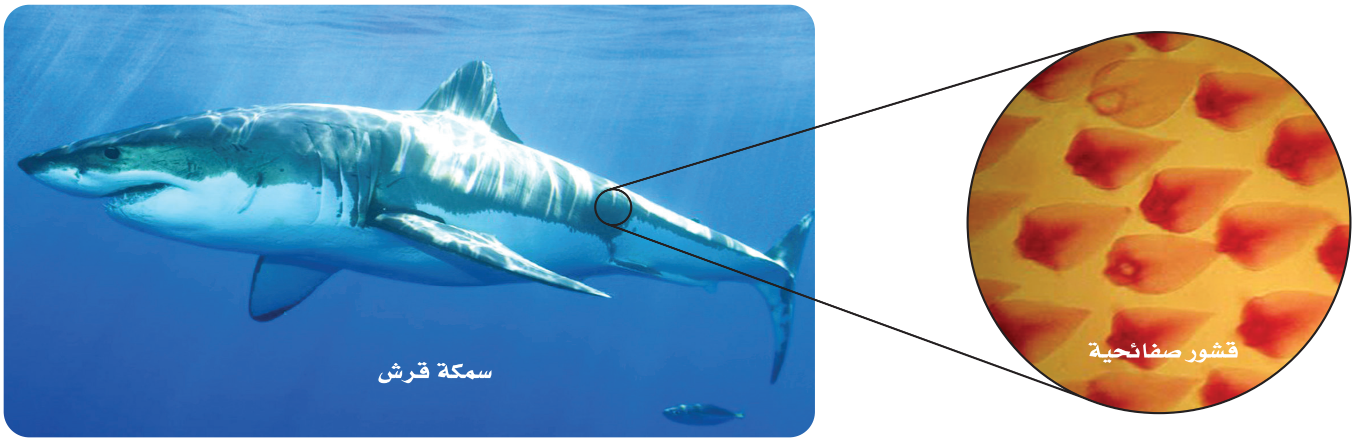
Classes of fishes طوائف الأسماك

تقسم الأسماك إلى ثلاث طوائف بناءً على تركيب أجسامها؛ فأسماك الجريث Hagfish والجلكي Lamprey أسماك لافكّيّة، أما القرش والورنك Skate واللخمة Ray فأسماك غضروفية، والأسماك العظمية تتضمَّن الأسماك ذات الزعانف الشعاعية (الهامور والتونا)، وذات الزعانف المجزأة.

الأسماك اللافكّيّة Jawless fishes ومنها أسماك الجلكي والجريث، كما في **الشكل 13–2**، والجريث كالجلكي أسماك لافكّية، ليس لها قشور أو زعانف مزدوجة أو هيكل عظمي، ولها حبل ظهري يبقى طوال حياتها. وسمكة الجريث من الحيوانات الكانسة تتغذى على اللافقاريات الطرية والأسماك الميتة. وعلى الرغم من كونها عمياء تقريبًا فإن إحساسها الكيميائي الحاد يُمكِّنها من تحديد موقع الطَّعام. ولأسماك الجلكي خياشيم ولها عدد من الخصائص الأُخرى للأسماك. والجلكي البالغ، المبين في **الشكل 13–2**، مُتطفل يتغذَّى بتثبيت نفسه على أسماك أُخرى. فيستعمل فمه (القمعي المستدير) الشبيه بالممصات ولسانه المُزوَّد بتراكيب تشبه الأسنان ليتغذَّى على دم عائله وسوائل جسمه.

ماذا قرأت؟ اكتب قائمة بخصائص الأسماك اللافكية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الأسماك الغضروفية Cartilaginous fishes ينتمي القرش والورنك واللخمة إلى طائفة الأسماك الغضروفية Chondrichthyes. وأهم ما يميز سمكة القرش وكل الأسماك الغضروفية أن الفم يقع على الجهة البطنية بالإضافة إلى هيكلها المكوَّن من الغضروف، وكربونات الكالسيوم. فالغضروف يعطي الجسم المرونة، أما كربونات الكالسيوم فتعطيه القوة. وبعض أنواع أسماك القرش لها عدَّة صفوف من الأسنان الحادة. وعندما تنكسر أسنان سمك القرش أو يفقدها، تتحرَّك أسنان جديدة نحو الأمام لتحل محلها. ولمُعظم أنواع سمك القرش أيضًا جسم انسيابي ذو رأس مُدبَّب وذيل مرتفع إلى أعلى في المُؤخرة، كما في **الشكل 14–2**.

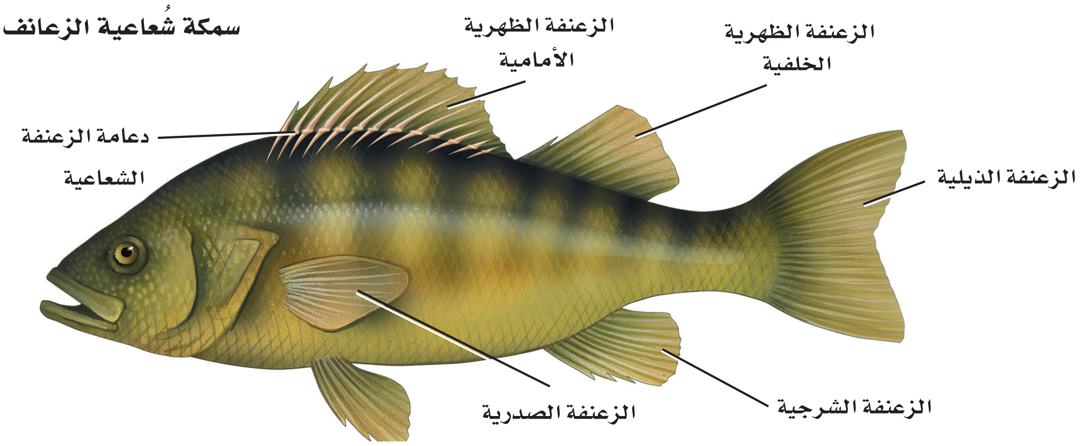
وقد ساعد الجسم الانسيابي لأسماك القرش، إضافة إلى عضلات السِّباحة القوية وأسنانها الحادة، على أن تكون من المُفترسات المُميَّزة في الماء. ويستطيع سمك القرش الإحساس بالمواد الكيميائية في الماء، مما يسمح له بكشف الفريسة عن بُعد كيلومتر واحد. وكلما اقترب القرش من فريسته، فإنَّ الخط الجانبي على جسمه يستطيع أن يكتشف الاهتزازات في الماء. وفي المرحلة الأخيرة من مطاردة الفريسة، يُمكنه أن يستخدم بصره والمُستقبلات الأخرى لاكتشاف المجالات الكهروحيوية التي تَصدر عن الحيوانات كلها. من التكيُّفات الأخرى للحياة الافتراسية الجلد القاسي المُغطى بحراشف صفائحية، كما في **الشكل 14–2**.

بعض أسماك القرش لا تمتلك صفوفًا من الأسنان. فأسماك قرش الحوت؛ وهي أكبر أسماك القرش الحية، مخلوقات ترشيحية التغذّي من خلال استخدام تراكيب خاصة في أفواهها. ولبعض أسماك القرش الأُخرى أفواه ذات تراكيب تساعدها على التغذّي على الرَّخويات الصَّدفية.

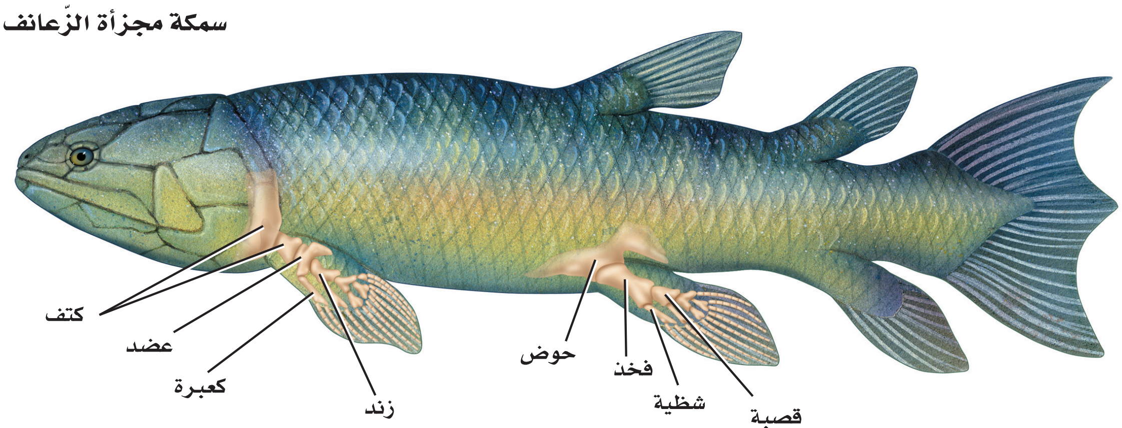
الأسماك العظمية Bony fishes تحوي طائفة الأسماك العظمية مجموعتين من الأسماك، هما: الأسماك العظمية الشعاعية الزَّعانف، والأسماك العظمية المجزأة الزَّعانف. وللأسماك ذات الزَّعانف الشُّعاعية هيكل عظمي، وقشور مشطية أو دائرية، وغطاء يغطِّي الخياشيم، ومثانة للعوم. وأكثر ما يميز أسماك الزَّعانف الشُّعاعية مذكور في اسمها. والأغشية الرَّقيقة لزعانف هذه الأسماك مدعومة بتراكيب رقيقة تشبه الأشواك، كما في **الشكل 15–2**. ومُعظم الأسماك ـ ومنها السَّلمون والتونا ـ أسماك شعاعية الزَّعانف.

الشكل 14–2 لأسماك القرش أجسام انسيابية مغطاة بقشور صفائحية صلبة.
استنتج ماذا تتوقع أن يكون ملمس جلد سمكة القرش إذا لمسته؟

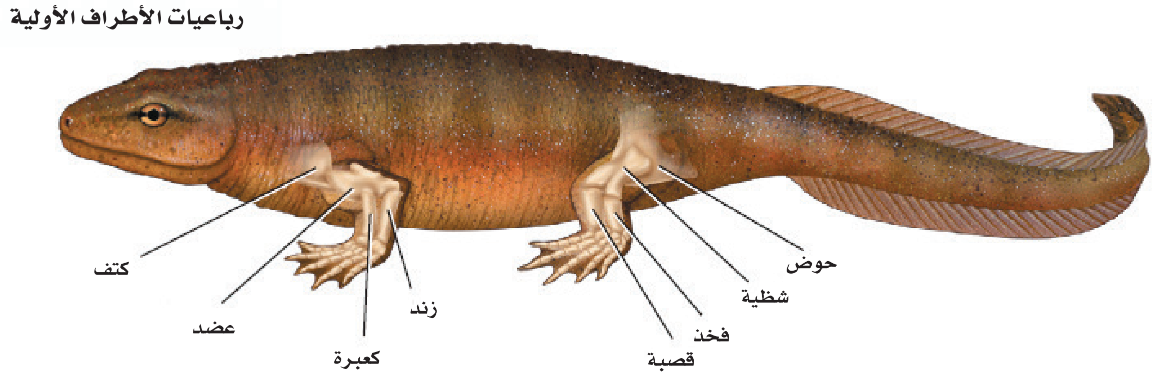
■ **الشكل 15–2** تنقسم طائفة الأسماك العظمية إلى تحت طائفتين، هما: أسماك شُعاعية الزَّعانف، وأسماك مجزأة الزَّعانف.



للأسماك الشعاعية الزَّعانف تراكيب رقيقة تشبه الأشواك، تدعم أغشية زعانفها.



للأسماك المجزأة الزعانف أجزاء عضلية ومفاصل تُشبه مثيلتها في الرباعيات الأطراف الأولية.



تحتوي أطراف الرباعيات الأولية على مفاصل وأجزاء عضلية خاصة بالحركة والسباحة، وقد عاشت على الأرض قبل 325 مليون سنة تقريبًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

لزعانف الأســماك المجزأة أجـزاء عضليـة ومفاصل، وهذا يجعـل الزَّعانف أكثر مرونة من تلك التي في الأسـماك الشُـعاعية الزَّعانف. وللأسماك المجزأة الزَّعانف، ومنها السمكة الرِّئوية، رئات لتبادُل الغازات. وعندما يحدث الجفاف، يُمكن للسمكة الرِّئوية أن تدفن نفسها مع زعانفها الطَّرية في الطين وتتنفس الهواء. وعندما يهطل المطر، تخرج هذه الأسـماك من مخابئها، واليوم لا يوجد سـوى ثمانية أنواع من الأسماك المجزأة الزعانف.

وتعدّ أســماك الزعانف الشعاعية الذيلية الجوفاء Coelacanths مجموعة أُخرى صغيرة من الأسماك الشعاعية الزَّعانف التي اعتقد الكثير من الناس أنَّها انقرضت قبل 70 مليون عــام تقريبًا. ولكن في عام 1938م، اصطــاد بعض الصيادين على سواحل أفريقيا الجنوبية سمكة من هذه المجموعة. ومُنذ ذلك الوقت، تمَّ اصطياد العديد من هذه الأســماك. وهناك مجموعة ثالثة انقرضت من الأسماك المجزأة الزَّعانـف، لها خصائص مشـتركة مع رُباعيـات الأطراف. والحيـوان الرباعي الأطراف Tetrapod، كما في **الشـكل 15–2**، حيـوان له أربعة أطراف (أرجل)، تحتوي كل منها على أجزاء عضلية وقدم وأصابع لها مفاصل.

بيئة الأسماك Ecology of Fishes

الأسماك مصدر مهم للغذاء في كل الأنظمة المائية. ومع ذلك فقد غيرت نشاطاتُ الإنســان مواطنها في المياه العذبة والمياه المالحة، ومن ذلك بناء السُّـدود على الأنهار، أو التَّلوث. وتعد الأســماك مُؤشرات حيوية لصحة النظام البيئي المائي؛ فعندمــا تتناقص مجموعات الأسـماك غير التِّجارية يكون السَّـبب الرَّئيس تغيُّر الموطــن. وعندما تتناقص أعداد الأســماك لا يكون التأثير سـلبيًّا اقتصاديًّا على البشر فقط، بل قد تعاني الأنظمة البيئية أيضًا من عدم الاتزان.

تغيُّر الموطن Habitat alteration السَّلمون نوع من الأسماك المهاجرة، يقضي حياته كبالغ في المُحيط ولكنه يعود إلـى المياه العذبة لوضع البيض في الجدول حيث يفقس فيه الصغار. وفي شــمال غرب المحيط الهــادئ، تغيَّرت المواطن البيئية في الأنهار والجداول بسبب بناء السُّدود التي تمنع الهجرة صعودًا وهبوطًا للسَّــلمون، وكانت النَّتيجة النِّهائية في شــمال غرب المحيط الهادئ، على سبيل المثال، أنَّ أعداد السَّلمون التي تسبح صاعدة عكس التَّيار، كما في **الشكل 16–2**، أصبحت حوالي ثلاثة في المئة فقط من بين 10–16 مليون سـمكة سلمون ـ تقريبًا ـ سبحت إلى الأنهار قبل 150 سنة مضت.

الشكل 16–2 لا تسـتطيع بعضُ أنواع السَّلمون القفز عن السُّـدود المُستخدمة في توليد الكهرباء من الطاقة المائية. ولكي يضع بيضه، يجب أن يعود السَّــلمون إلى الجداول التي فقس فيها.

التلـوث pollution يُمكن أن تتغيَّر المواطن البيئية للأســماك من خلال التَّلوث الذي يُقلِّل مــن نوعية المياه العذبة وجودتها في البُحيرات، والأنهار، والجداول. ويُمكن أن يُقلِّل هذا من عدد الأسماك وتنوُّعها في منطقة ما. وفي بعض الحالات، عندما يزول السـبب المسـؤول عن تغيُّـر الموطن البيئي وتعــود الظُّروف إلى طبيعتها، تعود الأسماك أيضًا. فمثلًا انخفضت نسبة الأسماك التي تعيش بالقرب من شواطئ البحر الأحمر نتيجة التلوث بالمخلفات والفضلات. أما بالنسبة لمياه الخليج العربي فقد انخفضت نسبة العديد من أنواع الأسماك نتيجة تلوث موطنها بالنفط المتسـرب إلى مياه الخليج في الفترات السـابقة، وبعــد تعافي الموطن تدريجيًّا بدأت أعداد هذا الأسماك بالزيادة التدريجية.

التقويم 1–2

الخلاصة

- تضم الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزواحف والطيور والثدييات.
- للفقاريات كلها حبل ظهري. ويحلّ العمود الفقري في أغلب الفقاريات محلّ الحبل الظهري خلال النمو الجنيني.
- للأسماك خصائص مُعيَّنة مُشتركة. لذا تُصنَّف معًا.
- لأجسام الأسماك تكيُّفات فريدة تُمكِّنها من العيش بشكل كامل في الماء.
- يمكن تصنيف الأسماك في ثلاث طوائف أساسية، هي: أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية.
- الجريث والجلكي مثالان على الأسماك اللافكية. وأسماك القرش والورنك مثالان على الأسماك الغضروفية. والسلمون والهامور مثالان على الأسماك العظمية.
- تغيُّر الموطن والتّلوث قد يؤثِّران سلبًا في جماعات الأسماك.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** خصائص الفقاريات التي تجعلها تختلف عن اللافقاريات.
2. **صف** خصائص الأسماك التي تسمح لها بالعيش والتّكاثُر في الماء.
3. **قوِّم** أهمية الفكوك في الأسماك.
4. **حدِّد** الخصائص التي تشترك فيها مُعظم الأسماك.
5. **فسِّر** لماذا يجب على أسماك المياه العذبة وأسماك المياه المالحة تنظيمُ اتزان الماء والأملاح داخل أجسامها؟
6. **قارن** بين التّراكيب الداخلية والخارجية في الأسماك اللافكية والأسماك الغضروفية والأسماك العظمية.

التفكير الناقد

7. **كوِّن فرضية** يبني ذَكَر أسماك أبي شوكة Spined stickleback الأعشاشَ من مواد لامعة برّاقة قليلة الوجود تختارها الإناث غالبًا. كوِّن فرضية حول أهمية ذلك في اختيار الأنثى ذكرًا له صفات قوية ضمن أفراد نوعه.
8. **استنتج** كيف تُؤثِّر إصابة جهاز الخط الجانبي في قُدرة السَّمكة على الهروب من المُفترسات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

2-2

الأهداف

- **تحلِّل** أنــواع التَّكيُّفات التــي كانت مهمة عندما انتقلت بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة.
- **تلخِّص** خصائص البرمائيات.
- **تفرِّق** بين رُتب البرمائيات.

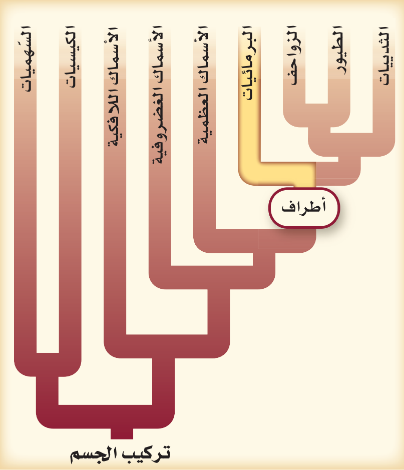
مراجعة المفردات

التَّحـوّل Metamorphosis: تغيُّــراتُ نمو مُتتابعة في شكل المخلوق الحي أو تركيبه.

المفردات الجديدة

المجمع (المذرق)
الغشاء الرامش
غشاء الطَّبلة
متغيرة درجة الحرارة

الشكل 17–2 يبين أهم التكيفات التي ساعدت البرمائيات على العيش على اليابسة.



رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

البرمائيات Amphibians

الفكرة الرئيسة لمعظم البرمائيات تكيفــات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.

الرَّبط مع الحياة إذا فكَّرت في السِّــباحة فســتجد أنَّ التَّحرُّك في الماء يختلف عن التَّحرُّك على اليابســة. وكما أن للأســماك تكيُّفات تمكّنها من العيش في الماء فإن للبرمائيات البالغة أيضاً تكيُّفات للعيش على اليابسة.

الانتقــال إلى اليابســة The move to land واجهــتْ بعض المخلوقات الحية تحدِّيات فيزيائية كثيرة في الانتقال من الماء إلى اليابسة. و يُبيِّن **الجدول 1–2** بعض اختلافــات ظروف الحياة في الماء عنها على اليابســة. وتشــمل هذه الاختلافات الطَّفو، وتركيز الأكســجين، ودرجــة الحرارة. ويوضح الجــدول أيضًا أمثلة على تكيفــات الفقاريات البرية للحياة على اليابســة، كما يوضح **الشــكل 17–2** تكيف البرمائيات للحياة البرية.

الجدول 1–2	التكيُّفات للعيش على اليابسة	
الظروف في الماء	**الظروف على اليابسة**	**تكيُّفات الفقاريات للعيش على اليابسة**
لِلماء قــوة طفو تُعاكس قوة الجاذبية.	• قوة طفو الهواء أقل من قوة طفو الماء 1000 مرة تقريبًا. • يجــب أن تتحــرَّك الحيوانات عكس قوة الجاذبية.	تكون الأطراف والأجهزة العضلية والهيكلية للمخلوقات الحية البريَّة أقوى.
الأُكسجين يذوب في الماء، ويجب أن يُســتخلص عن طريق الخياشــيم من خلال دورة دمويــة تتحرك عكس اتجاه التَّيار المائي.	• يتوافر الأُكســجين على اليابسة أكثر من توافــره في الماء 20 مرة على الأقل.	يُمكن لحيوانات اليابســة أن تحصل على الأُكسجين من الهواء بشكل فعَّال أكثر من الماء؛ بسبب رئاتها.
يحتفظ الماء بالحرارة، لذا لا تتغيَّــر درجة حرارة الماء بسرعة.	• تتغيَّر درجة حرارة الهواء أســرع من درجة حرارة الماء. • قــد تتغيَّر درجة الحرارة اليومية بمقــدار 10°C بيــن النَّهار والليل.	أظهرت حيوانات اليابســة تكيُّفات سلوكية وفيزيائية؛ لكــي تحمي نفســها من درجات الحرارة العالية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

بالإضافة إلى الفروق المُدرجة في **الجدول 1-2**، هناك فرق آخر بين ظروف اليابسة والماء؛ وهو أنَّ الصوت ينتقل أسرع في الماء. لذا تستعمل الأسماك جهاز الخط الجانبي للإحساس بالذَّبذبات، أو موجات الصوت في الماء. ولكن في الهواء يكون هذا الجهاز غير فعَّال. أما في فقاريات اليابسة (البريَّة) فقد تخصصت الأذن في الإحساس بموجات الصوت التي تنتقل عبر الهواء.

بيئات اليابسة Terrestrial habitats على الرَّغم من التَّحديات المُرتبطة مع الحياة البريَّة إلا أن هناك العديد من البيئات المناسبة للمخلوقات الحية على اليابسة؛ حيث تتضمن المناطق البيئية المختلفة على اليابسة الغاباتِ المطريةَ الاستوائية، والغابات المُعتدلة، والأراضي العُشبية، والصحارى، والتّيجا Taiga، والتّندرا Tundra، وكلها تُوفِّر بيئات مُناسبة للمخلوقات الحية ذات التَّكيُّفات المُناسبة.

خصائص البرمائيات

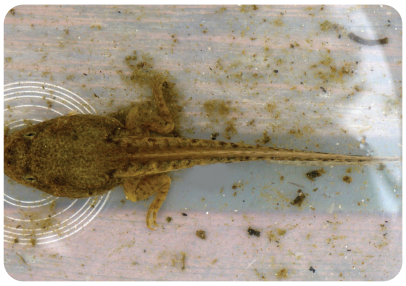
Characteristics of Amphibians

هل سبق أن شاهدت أبا ذُنيبة في بركة ماء؟ ادرس أبا ذُنيبة المبين في **الشكل 18-2**، ثم صفه. أبو ذُنيبة (الشرغوف) يرقة ضفدع من دون أطراف، يتنفَّس بالخياشيم، وهو يُشبه السَّمكة. ويدخل أبو ذُنيبة يومًا بعد يوم في عملية التَّحوُّل، فتتكوَّن الأطراف الخلفية وتطول، ويقصر الذَّيل، وتحلّ الرئات محل الخياشيم، وتنمو الأطراف الأمامية. وبعد عدَّة أسابيع فقط أو أشهر، اعتمادًا على نوعه يصبح ضفدعًا بالغًا. ومعظم البرمائيات تبدأ حياتها مخلوقات مائية، وبعد التَّحول تُصبح قادرة على العيش على اليابسة.

وتضم البرمائيات الضفادع، والعلجوم Toad، والسَّلمندر Salamander، وسمندل الماء العذب Newts، والديدان العديمة الأطراف. وتتميَّز معظم البرمائيات بأنَّ لها أربع أرجل، وجلدًا رطبًا من دون قشور، ويتم تبادل الغازات عبر الجلد، والرِّئات أو بطانة الفم كل على حدة أو مجتمعين، ولها دورة دموية مزدوجة، ويرقات مائية.

التغذية والهضم Feeding and digestion مُعظم يرقات الضفادع آكلات أعشاب، في حين أن يرقات السَّلمندر آكلات لحوم. وعلى كُلِّ حال، يتشابه الغذاء في المجموعتين عند البلوغ، حيث تصبح جميعها مُفترسات تتغذَّى على العديد من اللافقاريات والفقاريات الصغيرة. ويستعمل بعض السَّلمندرات والبرمائيات التي ليس لها سيقان الفكوك فقط للإمساك بالفريسة. وبعضها الآخر ـ ومنها الضفدع والعلجوم ـ يمكنها أن تطلق ألسنتها الطَّويلة اللَّزجة بسرعة كبيرة ودقة للإمساك بالفرائس الطَّائرة.

لا توجد لدى الضفادع غدد لعابية وبالتالي فإن الطَّعام ينتقل من الفم إلى المريء إلى المعدة، حيثُ يبدأ الهضم، ثم ينتقل الغذاء غير المهضوم من المعدة إلى الأمعاء الدَّقيقة، فيختلط بإفرازات البنكرياس لهضم الطعام، ويُمتصّ فيها، ثم ينتقل إلى مجرى الدم الذي يُوصله إلى خلايا الجسم، وينتقل الغذاء غير المهضوم من الأمعاء الدَّقيقة إلى الأمعاء الغليظة قبل التَّخلُّص من الفضلات. وفي نهاية الأمعاء هناك مجرى يسمى المجمع. **والمجمع (المذرق)** Cloaca حجرة تستقبل فضلات الهضم، وفضلات البول، والبويضة أو الحيوان المنوي قبل مُغادرة الجسم.



الشكل 18-2
الأعلى: أبو ذُنيبة من دون أطراف.
الأوسط: يدخل الضفدع في عملية التحوُّل ليُصبح ضفدعًا بالغًا. لاحظ نمو الأطراف.
الأسفل: ضفدع الأشجار دقيق الأرجل، وهو بالغ له أطراف متخصصة، وليس له ذيل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الإخراج Excretion تُرشّح البرمائيات الفضلات من الدَّم من خلال الكلى، وتُخرج الأمونيا أو اليوريا (بولينا) بوصفها فضلات ناتجة عن عمليات الأيض الخلوي. أمّا النَّاتج النِّهائي لعملية أيض البروتينات وهو الأمونيا فيتمُّ طرحها من البرمائيات التي تعيش في الماء. وتُنتج البرمائيات التي تعيش على اليابسة فضلات اليوريا التي تكوَّنت من الأمونيا في الكبد. وعلى عكس الأمونيا تُخزَّن اليوريا في المثانة البولية حتى يتخلص منها الجسم من خلال المجمع.

التنفس والدورة الدّموية Respiration and circulation تتبادل معظم البرمائيات الغازات عندما تكون يرقة من خلال جلدها وخياشيمها، وعندما تصبح بالغة يتنفَّس معظمها عن طريق الرِّئتين وجلدها الرَّقيق الرَّطب وبطانة تجاويف الفم. ويمكن للضفادع أن تتنفَّس من خلال جلدها، سواء أكانت خارج الماء أم داخله. وهذه الخاصية تمكِّن الضفادع من قضاء الشِّتاء محمية من البرد داخل الطِّين في قاع بركة الماء.

يتكوَّن جهاز الدوران في البرمائيات ـ كما في **الشكل 19 – 2** ـ من دورة دموية مزدوجة، بدلًا من الدورة الدموية المفردة التي درستها في الأسماك. في الدورة الأولى يتحرِّك الدَّم غير المؤكسج من القلب ليتحمّل بالأُكسجين في الرِّئتين والجلد، ثُمَّ يتحرَّك الدَّم المؤكسج عائدًا إلى القلب. وفي الدَّورة الثانية يتحرَّك الدَّم المؤكسج من القلب عبر الأوعية الدموية إلى الجسم، حيثُ ينتشر الأكسجين نحو الخلايا. وللبرمائيات قلب مكون من ثلاث حجرات. وينقسم الأذين كليًّا بنسيج إلى أُذينين. ويستقبل الأُذين الأيمن دمًا غير مؤكسج من الجسم، في حين يستقبل الأُذين الأيسر الدَّم المُؤكسج من الرِّئتين. ويبقى البُطين في البرمائيات غير مُقسّم.

ماذا قرأت؟ **صف** كيف يتكيَّف جهاز الدوران في البرمائيات للحياة على اليابسة؟

المفردات

الاستعمال العلمي مُقابل الاستعمال الشائع.

البرمائيات Amphibian

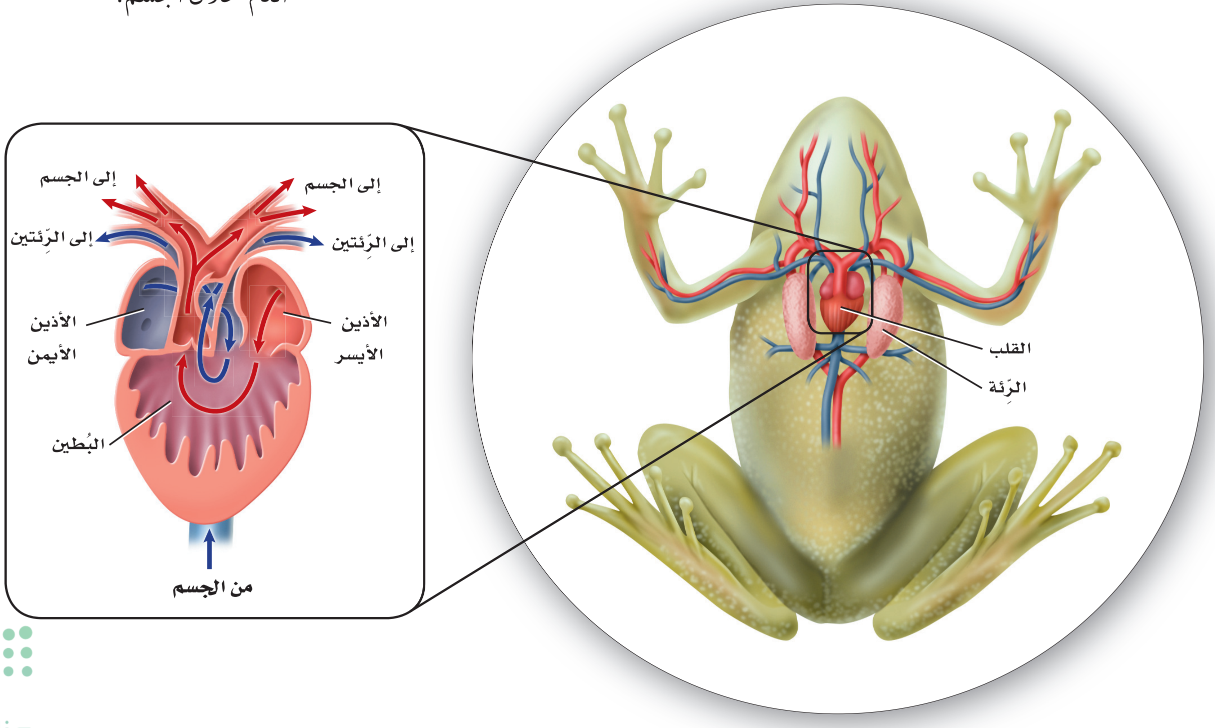
الاستعمال العلمي: مخلوقات تنتمي إلى طائفة البرمائيات؛ وتقضي جزءًا من حياتها في الماء، والجزء الآخر على اليابسة.

-الضفدع حيوان برمائي.

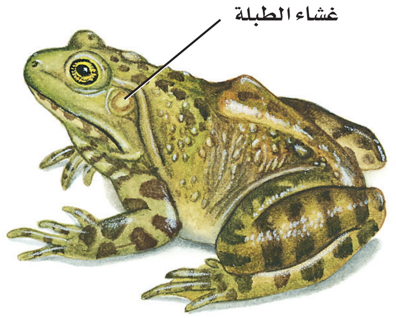
الاستعمال الشائع: طائرة مصمَّمة للإقلاع والهبوط، إما على اليابسة، وإما على الماء.

هبطت البرمائية بهدوء على مياه البحيرة.

الشكل 19–2 يتكوَّن جهاز الدوران في البرمائيات من دورة دموية مزدوجة تُحرِّك الدَّم خلال الجسم.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 20–2** غشاء الطَّبلة في الضفدع تكيّف للعيش على اليابسة.

الدِّماغ والحواسّ The brain and senses الأجهزة العصبية للبرمائيات متخصصة، كما هو الحال في الأسماك. وقد انعكست الفروق في ظروف الحياة في الماء وعلى اليابسة على الفروق بين أدمغة الأسماك وأدمغة البرمائيات. فعلى سبيل المثال، يحتوي الدِّماغ الأمامي للضفادع على منطقة ذات علاقة برصد الرَّوائح المنتشرة في الهواء. فالمُخيخ ـ على الرغم من أهميته في المُحافظة على الاتزان في الأسماك ـ ليس معقدًا في البرمائيات البريَّة التي تبقى قريبة من سطح الأرض.

والبصر حاسة مهمَّة في أغلب البرمائيات؛ حيث تستعمله لتحديد الفريسة التي تطير على سرعات عالية، والإمساك بها، والهروب من المُفترسات. ويغطي عيون الضفادع أغشية تسمى أغشية رامشة. و**الغشاء الرَّامش** nictitating membrane جفن شفاف يستطيع التَّحرُّك فوق العين؛ لحمايتها تحت الماء، وحمايتها من الجفاف على اليابسة.

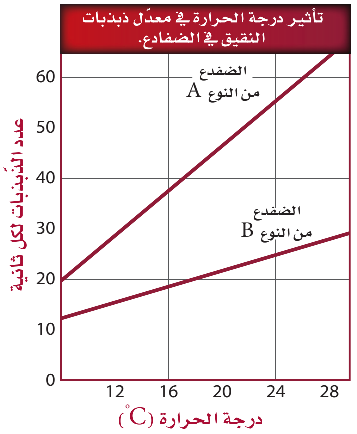
تُظهر أُذن البرمائيات تكيُّفًا للحياة على اليابسة؛ **فغشاء الطَّبلة** tympanic membrane في الضفادع غشاء رقيق خارجي على جانب الرَّأس، كما في **الشكل 20–2**، تستعمله لسماع الأصوات العالية التردد، ولتضخيم الأصوات من الحبال الصوتية. وتشمل الحواس الأُخرى في البرمائيات: اللَّمس، والمُستقبلات الكيميائية في الجلد، وبراعم التذوق على اللِّسان، وحاسة الشَّم في التَّجويف الأنفي.

مختبر تحليل البيانات 2-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الرسم البياني

كيف يُمكن أن تُؤثِّر درجة الحرارة في مُعدَّل ذبذبات نقيق ضفادع الأشجار؟ تُصدر ذكور ضفادع الأشجار صوتًا (نقيقًا) يُمكن أن تُميزه الإناث بسهولة؛ اعتمادًا على مُعدَّل ذبذبات النقيق.



البيانات والملاحظات

يُظهر الرَّسم البياني معدَّل ذبذبات النقيق لنوعين من الضفادع مقابل درجة الحرارة.

التفكير الناقد

1. **فسِّر البيانات** ما العلاقة بين ذبذبات النقيق ودرجة الحرارة؟
2. **قارِن** كيف أثَّرت درجة الحرارة في معدَّل الذَّبذبات في النَّوع A والنَّوع B؟
3. **استنتج** ما أهمية ألاّ يكون لنوعي الضفادع مُعدَّل ذبذبات النقيق نفسه عند درجة الحرارة نفسها؟

أخذت البيانات في هذا المختبر من: Gerhardt, H.C. 1978. Temperature coupling in the vocal communication system in the grey treefrog *Hyla versicolor*. *Science* 199: 992–994

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

من المُهم أن تحس البرمائيات بدرجة حرارة محيطها؛ لأنّها من الحيوانات المتغيرة درجة الحرارة. **والمتغيرة درجة الحرارة** ectotherms مخلوقات تحصل على حرارة أجسامها من البيئة الخارجية، ولا تستطيع أن تُنظّم درجات حرارة أجسامها من خلال عمليات الأيض، لذا يجب أن تكون قادرة على الإحساس بالمكان المناسب لتدفئة أجسامها أو تبريدها. فعلى سبيل المثال، إذا كان الطقس باردًا يمكن للعلجوم أن يجد صخرة دافئة ورطبة ليعرّض جسمه للشّمس ويُدفئ نفسه.

التّكاثُر والنمو Reproduction and development الاخصاب خارجي في البرمائيات حيث تطلق ذكور الضفادع الحيوانات المنوية عند التزاوج على البيوض اثناء خروجها من جسم الانثى في الماء. وليس للبيوض قشور أو أغطية واقية تحميها من الجفاف. والبيوض ـ كما في **الشكل 21–2** ـ مغطاة بمادة لزجة تشبه الهلام، تساعدها على الالتصاق بالنباتات في الماء. وبعد التّلقيح يستعمل الجنين النّامي المُح في البيضة للتغذّي حتى يفقس منها أبو ذُنيبة الذي يتحوّل، كما في **الشكل 18–2**، من مخلوق يتنفّس بالخياشيم ومخلوق عديم الأرجل، آكل أعشاب، وله زعانف وقلب مكوّن من حجرتين - إلى مخلوق يتنفّس بالرّئات، رباعي الأرجُل آكل لحوم، وله قلب ثلاثي الحجرات. وتتحكم مواد كيميائية تُطلق داخل جسم أبي ذُنيبة في مراحل التّحول.

■ **الشكل 21–2** ليس لبيوض البرمائيات قشور تحميها من الجفاف.
استنتج **ما التّكيُّفات التي تضمن عدم جفاف بيوض البرمائيات؟**

تنوُّع البرمائيات Amphibian Diversity

يصنّف علماء الأحياء البرمائيات إلى ثلاث رتب: رتبة عديمة الذَّيل Anura، وتحتوي 4200 نوع من الضفادع والعلاجيم؛ ورُتبة الذّيليات Caudata، وتحتوي 400 نوع من السلمندرات؛ ورتبة عديمة الأرجل Gymnophiona، التي تضم مئة وخمسين نوعًا من عديمة الأطراف التي تشبه الديدان. وتعيش الضفادع والعلاجيم والسَّلمندرات في مناطق رطبة في بيئات مختلفة، أما السمندل فهو مائيٌّ، وأما عديمة الأطراف فهي حيوانات استوائية تدفن نفسها.

الضفادع والعلاجيم Frog and toads تفتقر الضفادع والعلاجيم البالغة ـ كما في **الشكل 22–2** ـ إلى الذَّيل، ولها أقدام طويلة تُمكّنها من القفز. وللضفادع أرجل أطول من العلاجيم، تُمكّنها من القفز بفاعلية أكبر مقارنة بقفزات العلاجيم الصغيرة.

■ **الشكل 22–2** للضفدع جلد رطب وناعم، مُقارنةً بالعلجوم الذي له جلد جاف وغير ناعم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ **الشكل 23–2** يعيش السَّلمندر الأحمر شرقي الولايات المتحدة فقط. ويتكاثر السمندل المائي ذو الثآليل في أعماق البرك التي تحتوي على نباتات مائية.

وللضفادع أيضًا جلد رطب وناعم، في حين أن جلد العلجوم جاف وذو نتوءات وانخفاضات. وعلى الرَّغم من حاجة كل منهما للعيش قرب الماء من أجل التَّكاثر إلا أن العلاجيم عمومًا تعيش أبعد عن الماء من الضفادع. وثمة فرق آخر بين الضفادع والعلاجيم، وهو أنَّ للعلاجيم غددًا تشبه الكلية خلف رؤوسها تفرز سُمًّا سيئ الطَّعم، لا يشجع المُفترسات على أكلها.

ماذا قرأت؟ **قارِن** بين خصائص الضفادع والعلاجيم.

السلمندرات وسمندلات الماء Salamanders and newts على العكس من الضفادع والعلاجيم فإن للسَّلمندرات وسمندلات الماء أجسامًا طويلة ونحيلة، ولها رقبة وذيل، كما في **الشكل 23–2**. ولمعظم السَّلمندرات أربع أرجل وجلد رقيق رطب، ولا تستطيع العيش بعيدًا عن الماء. وتضع معظم السَّلمندرات بيوضها في الماء، مثل الضفادع. وتشبه يرقات الضفادع السلمندرات الصغيرة، إلا أنَّ لها خياشيم. أما السَّمندلات المائية ـ كما في **الشكل 23–2**، فهي مائية عمومًا طوال حياتها، في حين تعيش معظم السَّلمندرات المكتملة النمو في بيئات رطبة بين الأوراق المتساقطة أو تحت الجذوع. ويتراوح طول السَّلمندرات بين 15 cm تقريبًا، وقد يصل طول بعضها – ومنها السلمندر العملاق – إلى 1.5 m. ويتغذى السَّلمندر المكتمل النمو على الديدان وبيوض الضفادع والحشرات واللافقاريات الأُخرى.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

مربو الحيوانات Animal Curator
يعمل مُربو الحيوانات في حدائق الحيوان، ويعتنون ببعض حيوانات الحديقة، ومنها البرمائيات. ويعملون معًا لتحديد الطريقة المثلى للمحافظة على البيئة المناسبة للحيوان داخل الحديقة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

عديمة الأطراف Caecilians تختلف عن البرمائيات الأخرى؛ فليس لها أطراف وهي تُشبه الديدان، كما في **الشكل 24–2**. وهي تدفن نفسها في التُّربة، وتتغذَّى على الدِّيدان وبعض اللافقاريات الأُخرى. ويغطي الجلدُ العيونَ في العديد من عديمة الأطراف، لذا قد تكون عمياء تقريبًا. ولعديمة الأطراف كلها إخصاب داخلي؛ إذ تضع بيوضها في تربة رطبة تقع قرب الماء، ومنها أمثلتها: السيسيليا السوداء، السيسيليا الهندية، السيسيليا الاستوائية. وتعيش عديمة الأطراف في الغابات الاستوائية في أمريكا الشمالية وأفريقيا وآسيا.

بيئة البرمائيات Ecology of Amphibian

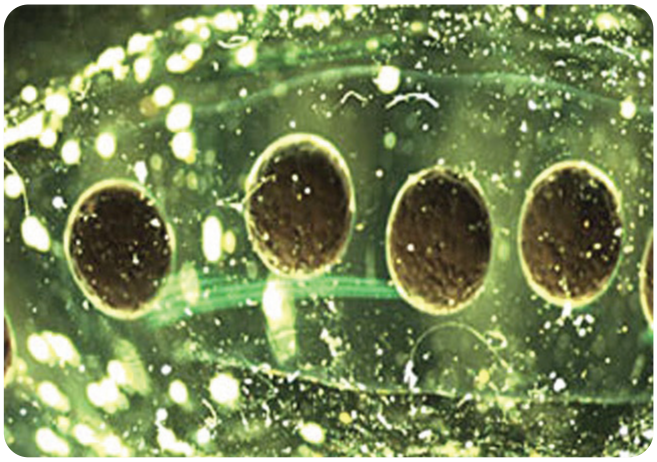
تناقصت جماعات البرمائيات في العقود القريبة على مستوى العالم. وقد جمع العلماء بيانات لتحديد الأسباب المحتملة لهذا التناقص، فاختلفت النَّتائج. ويُمكن في بعض الحالات حصر السبب في عامل محلِّي، وفي حالات أُخرى قد يكون السَّبب ناتجًا عن عدَّة عوامل تحدث على مستوى أكبر.

عوامل محلية Local factors كان سبب التناقص في بعض الحالات ـ ومنها تلك التي حدثت لضفدع الأرجل الحمراء ـ هو تدمير البيئة. فعندما جفَّت الأراضي الرَّطبة وبُنيت المباني بدلًا منها، لم تعد المناطق المائية متوافرة للبرمائيات لتضع بيوضها قريبًا منها، حتى تتكاثر بنجاح. وفي مناطق أخرى أثَّر إدخال أنواع خارجية دخيلة ـ وهي أنواع لم تكن موجودة في المنطقة بشكل طبيعي ـ في جماعات البرمائيات، ونافست الأنواع الخارجية الدخيلة البرمائياتِ على الغذاء وعلى مساحة البيئة، أو كانت مُفترسات للبرمائيات.

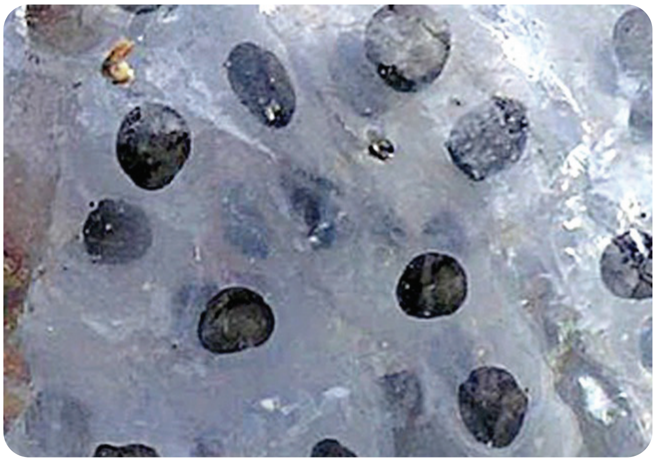
■ **الشكل 24–2** ليس لعديمة الأطراف فتحات أُذن. ولا يُعرف إن كانت تستطيع سماع الأصوات، أو كيف تسمعها.

تجربة علمية
كيف تكيَّفت الضفادع للعيش في المواطن البيئية البريّة والمائيّة؟
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



بيوض علجوم مُصابة بعدوى فطرية



بيوض علجوم سليمة

■ **الشكل 25–2** توضع البيوض السَّليمة للعلجوم على هيئة كتلة واحدة في الماء. أما بيوض العلجوم المُصابة بالعدوى فتُغطَّى بالفطريات؛ وربما تكون العدوى بالفطريات مسؤولة عن تناقُص أعداد جماعات العلجوم.

العوامل العالمية Global factors ربما سبَّبت عوامل عالمية متعدِّدة تناقصًا في أعداد البرمائيات بالإضافة إلى العوامل المحلية. فالتَّغيُّرات المُناخية – ومنها ارتفاع درجة الحرارة، وتناقُص رطوبة التربة، وازدياد فترة الفصل الجاف. والتَّغيُّرات في كميات المطر المتساقطة – يمكن أن تُسبِّب موت البرمائيات أو إجهاد أجسامها، مما يجعلها أكثر تعرُّضًا للأمراض. ويقارِن **الشكل 25–2** بين بيوض علاجيم سليمة وأُخرى مصابة بفُطر. ويعتقد بعض العلماء أنَّ تغيُّرات المناخ العالمية التي أدَّت إلى تناقص كميات الأمطار تركت بيوض البرمائيات تنمو في برك ضحلة المياه. ولأن الماء ضحل فقد تعرَّضت البيوض أكثر إلى الأشعة فوق البنفسجية. وقد أظهرت التجارب أنَّ ازدياد التَّعرُّض للأشعة فوق البنفسجية يؤدي إلى زيادة مخاطر الإصابة بالعدوى الفطرية في بيوض البرمائيات.

التقويم 2–2

الخلاصة

- يتطلَّب انتقال بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة تكيُّفات متنوعة.
- لأجسام البرمائيات تكيُّفات فريدة مكَّنتها من العيش على اليابسة.
- تُصنف البرمائيات إلى ثلاث رُتب؛ اعتمادًا على تراكيب متشابهة.
- تتناقص أعداد جماعات البرمائيات على مستوى العالم لأسباب مختلفة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** تكيُّفات البرمائيات التي ساعدتها على العيش على اليابسة.
2. **قارِن** بين ظروف البرمائيات التي تعيش على اليابسة وتلك التي تعيش في الماء.
3. **حلِّل** أنواع التكيُّفات التي ساعدت على انتقال بعض المخلوقات إلى اليابسة.
4. **لخِّص** خصائص كل رتبة من رتب البرمائيات.

التفكير الناقد

5. **فسِّر الرسوم العلمية** قم بدراسة **الشكل 19–2**، وفسِّر سبب وجود دورة دموية مزدوجة في البرمائيات.
6. الكتابة في علم الأحياء لعلك عثرت في أثناء تجوالك في منطقة سبخية بالقرب من بيتك على ضفدع ميت بأطراف مشوَّهة. كوِّن فرضية تبيِّن أسباب حدوث هذه التَّشوهات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

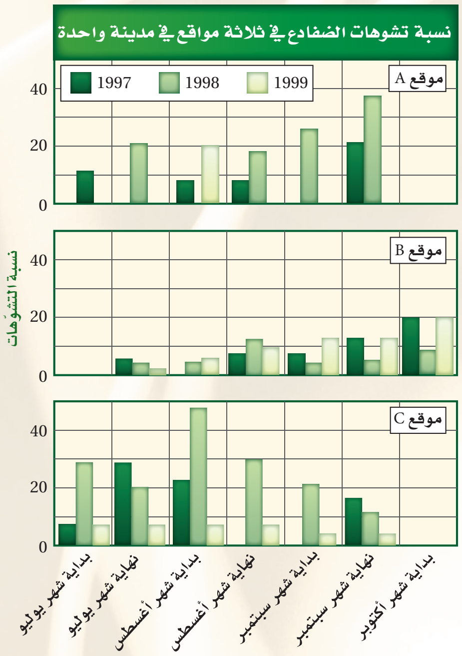
إثراء علمي

اكتشافات في علم الأحياء

تشوهات خلقية في الضفادع

من غرفة الصف إلى غرفة الأخبار ما بدا كأنَّه رحلة ميدانية لأحد الصفوف انتهى بتنبيه علماء البيئة إلى مشكلة مهمة محتملة. وفي أثناء القيام برحلة ميدانية إلى الأراضي الرَّطبة في عام 1995م لدراسة النِّظام البيئي لاحظ المختصون جماعات ضخمة من الضفادع ـ يزيد عددها على 50% ممّا اصطادوه ـ كانت مشوهة. وفي العام 1996م ظهرت تقارير في أماكن أخرى عن ضفادع ذات تشوهات، منها نقصان أرجل أو زيادتها، وأطراف مُتكوِّنة جزئيًّا، وعيون مفقودة. وكانتْ تظهر في بلدان أخرى.

الانتقال إلى التجريب في المختبر أُجريت عدَّة دراسات لتحديد سبب التَّشوهات. وقد أشارت نتائج إحدى هذه الدِّراسات إلى أنَّ سوء نوعية الماء قد يكون السبب. فعند نمو الضفادع في المختبر في عينات مختلفة من الماء تشوه أكثر من 75% من الضفادع التي تم تنميتها في مياه من مواقع مختلفة في مدينة واحدة، مُقارنة بـ 0% عند تنمية الضفادع في ماء نقي. ولكن المشكلة ما زالت قائمة؛ إذ لم يتم اكتشاف أي مُلوثات حتى الآن. ويختبر العلماء فرضيات أخرى، كأن يكون أبو ذُنيبة قد تعرَّض لعدوى ديدان طُفيلية أو فطرية سبَّبت هذه التَّشوهات. وهناك فرضية أخرى يتمُّ فحصها، وهي أن زيادة تعرُّض بيوض الضفادع للأشعة فوق البنفسجية قد سبَّبت هذه التَّشوهات. وقد قدمت جميع الدراسات بيانات داعمة للفرضية التي يتمُّ فحصها، ولكن لأنَّ نوع التَّشوهات ونسبتها ليست هي نفسها في كل المواقع، كما يظهر في الرُّسوم أعلاه، فربما كان السبب العالمي للتَّشوهات خليطًا من العوامل.



مُعدّلات التشوُه في أوقات مختلفة من عام لعام ومن موقع لموقع.

فزيادة الفوسفور والنيتروجين في الماء مثلًا ـ بسبب الاستعمال الكيميائي ـ ربما سبَّب نموًّا شديدًا للطّحالب. وهذا النُّمو للطَّحالب زاد من جماعات الحلزون التي تحمل طفيليات قد تسبِّب تشوهات. أو أن خليطًا كيميائيًّا تكون مكوناته غير ضارة إذا كانت منفردة، فإذا خلطت معًا أصبحت سامة، أو قد تتغير عند تعرُّضها لأشعة الشَّمس.

الرياضيات في علم الأحياء

حلِّل البيانات توضح الرُّسوم البيانية أعلاه الاختلافات في نسبة التَّشوهات في الضفادع في ثلاثة مواقع مختلفة في المدينة نفسها خلال ثلاث سنوات. أوجد معدَّل نسبة التَّشوهات في كُل منطقة خلال السنوات الثلاث. أي المناطق فيها أعلى نسبة تشوهات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

كيف تُنظِّم بعض الحيوانات المتغيرة درجةِ الحرارةِ درجةَ حرارة أجسامها؟

الخلفية النظرية: تذكَّر أنَّ البرمائيات متغيرة درجة الحرارة. والعديد منها يعيش في مواطن تتغير فيها درجة الحـرارة من 15 °C – 10 طوال اليوم. وسـتقوم في هذا المختبر بفحص الآليات التي تسـتعملها لتحافظ على درجة حرارة الجسم بصورة ملائمة.

سؤال: كيف تحافظ المخلوقـات الحية المتغيرة درجة الحرارة على درجة حرارة أجسامها ضمن مدى محدَّد؟

المواد والأدوات

- مقياس حرارة (2).
- أوعية بلاستيكية (2).
- مسطرة مترية.
- ماء عند درجة حرارة الغرفة.
- مناشف ورقية.
- رمل.
- تربة.
- مصباح ضوئي كهربائي بقوة كهربائية عالية.

احتياطات السَّلامة

تحذير: المصابيح قد تُصبح ساخنة عند إضاءتها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على مقياسي حرارة، على أن يكونا نموذجين لحيوان متغير درجة الحرارة. وسـجِّل درجة حرارة كلٍّ منهما، ثـم ضع أحدهما في وعاء بلاسـتيكي، وضع المقياس الثاني في الوعاء الآخر واملأه بالماء على أن يكون المقياس مُغطى إلى ارتفاع 5 cm.
3. ضع كل وعاء تحت مصدر إضاءة، وراقب درجة حرارة المقياسين. يجب المحافظة على درجة الحرارة بين 39 °C – 36 مدَّة 15 دقيقة. ثم قرر كم مرة سـتقيس درجة حرارة المقياسين، وسجِّل البيانات في جدول، وكذلك سـجِّل الأعمال التي قمت بها لتُحافظ على درجة حرارة مقياسي الحرارة ضمن المدى المُعطى.
4. تخلَّص مـن الماء الذي في الوعـاء وجفِّف الوعاء جيدًا. واترك مقياسي الحرارة لتصل درجة حرارتهما إلى درجة حرارة الغرفة.

5. ضع مقيـاس حرارة في وعاء، واملأ الوعاء بالتربة على أن يكون مقياس الحـرارة مغمورًا بنحو 5 cm في التربة. ثم ضع مقياس الحـرارة الثاني في وعاء وغطِّه بـ 5 cm من الرَّمل.
6. كرِّر الخطوة 3.

حلِّل ثم استنتج

1. **لخِّص** هل نجحت في المحافظة على درجة الحرارة ضمن مدى مُعطى لكل خطـوات التَّجربة؟ وكيف فعلت هذا؟
2. **حلِّل** هل كان هناك اختلافات تتعلق بكيفية المحافظة على درجة حرارة مقياسي الحرارة في الماء، والتربة، والرَّمل؟ وأي مادة كانت المحافظة فيها على درجة الحرارة أسهل؟ ولماذا؟
3. **استنتج** ما المشـكلات المرتبطة بكـون المخلوق الحي متغير درجة الحرارة؟ فسِّر إجابتك.
4. **التفكير الناقد** كيـف تحافظ المخلوقـات الحية المتغيـرة درجـة الحـرارة، -ومنهـا البرمائيات والزَّواحف- علـى درجات حرارتها ضمن المعدل المناسب؟

طبق مهاراتك

ملصق ابحث عن المخلوقـات الحية المتغيرة درجة الحرارة، واعمل ملصقًا تصف التكيفات التي تحتاج إليها للبقاء حية في درجات الحرارة الباردة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 2

دليل مراجعة الفصل

المطويات **تحليل السبب والنتيجة** فسِّر ـ خلف مطويتك ـ علاقة السَّبب والنتيجة بين طريقة الحركة لمخلوق ما وجهازه الدوري. فعلى سبيل المثال، كيف يُؤثر المشي في نسبة الأُكسجين التي تحتاج إليها البرمائيات؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
2-1 الأسماك	
الغضروف العرف العصبي الزعنفة القشور غطاء الخياشيم الأُذين البُطين الوحدة الأنبوبية الكلوية (النفرون) جهاز الخط الجانبي وضع البيض (التبويض) مثانة العوم	**الفكرة الرئيسة** **الأسماك فقاريات لها خصائص تسمح لها بالعيش والتَّكاثر في الماء.** • تضم الفقاريات الأسماك والبرمائيات والزَّواحف والطُّيور والثدييات. • للفقاريات كلها حبل ظهري. ويحل العمود الفقري في أغلب الفقاريات محل الحبل الظَّهري خلال النمو الجنيني. • للأسماك خصائص مُعينة مشتركة، لذا تُصنَّف معًا. • لأجسام الأسماك تكيُّفات فريدة تُمكّنها من العيش بشكل كامل في الماء. • يمكن تصنيف الأسماك في ثلاث طوائف أساسية، هي: أسماك لافكية، وأسماك غضروفية، وأسماك عظمية. • الجريث والجلكي مثالان على الأسماك اللافكية. وأسماك القرش والورنك مثالان على الأسماك الغضروفية، والسلمون والهامور مثالان على الأسماك العظمية. • تغيُّر الموطن والتَّلوث قد يؤثِّران سلبًا في جماعات الأسماك.
2-2 البرمائيات	
المجمع (المذرق) الغشاء الرامش غشاء الطبلة متغيرة درجة الحرارة	**الفكرة الرئيسة** **لمعظم البرمائيات تكيفات تؤهلها للعيش جزءًا من حياتها في الماء والجزء الآخر على اليابسة.** • يتطلَّب انتقال بعض المخلوقات الحية إلى اليابسة تكيُّفات متنوعة. • لأجسام البرمائيات تكيُّفات فريدة مكّنتها من العيش على اليابسة. • تُصنف البرمائيات إلى ثلاث رُتب اعتمادًا على تراكيب متشابهة. • تتناقص أعداد جماعات البرمائيات على مستوى العالم لأسباب مختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 2 التقويم

2-1

مراجعة المفردات

أكمل العبارات الآتية مستعملًا مفردات من دليل مراجعة الفصل:

1. العملية التي يُطلِق فيها ذكر الأسماك والأنثى أمشاجهما (الخلايا التناسلية) أحدهما قريبًا إلى الآخر في الماء هي: ....

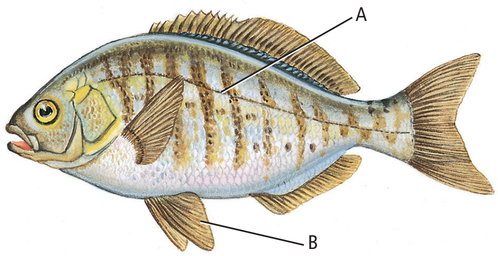
2. .... هو حجرة القلب التي تستقبل الدَّم من الجسم.

3. .... مجموعة من الخلايا في الفقاريات تنمو من الحبل العصبي.

4. تسمى التراكيب الصغيرة والمسطحة التي تغطي أجسام الأسماك ....

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 5 و 6.



5. ما الجزء المشار إليه بالحرف A؟

a. القشور المشطية. **b.** جهاز الخط الجانبي.
c. العرف العصبي. **d.** الغطاء الخيشومي.

6. ما الجُزء المُشار إليه بالحرف B؟

a. الخياشيم. **b.** مثانة العوم.
c. البُطين. **d.** الزعانف الحوضية.

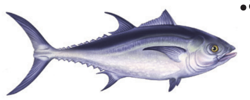
7. أي تركيب يسمح للأسماك بالتَّحكُّم في عمق غوصها في البيئة المائية؟

a. غطاء الخياشيم. **b.** مثانة العوم.
c. الخط الجانبي. **d.** الفكوك.

8. أي تكيُّف يجعل من الأسماك مخلوقات مفترسة ؟

a. الزعانف المُزدوجة. **b.** القشور.
c. الفكوك. **d.** الخياشيم.

9. أي شكل يُوضِّح طفيليًّا خارجيًّا؟

a.


c.

b.

d.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

10. أي مما يأتي من صفات أسماك القرش؟

a. عديمة الفكوك، هيكل غضروفي، خط جانبي.
b. عديمة الفكوك، هيكل عظمي، زعانف شُعاعية.
c. فكوك، هيكل عظمي، مثانة عوم.
d. فكوك، هيكل غضروفي، خط جانبي.

أسئلة بنائية

11. **نهاية مفتوحة.** هناك أنواع من الفقاريات تعيش في المحيط أكثر من تلك التي تعيش على اليابسة. كوِّن فرضية تفسر ذلك.

12. **نهاية مفتوحة.** ارسم الشكل الخارجي لأجسام كل نوع من الأنواع الرَّئيسة للأسماك، متضمنًا شرحًا لتكيفاتها الخارجية مع بيئاتها.

13. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** بعد أن اكتشف علماء الأسماك نوعًا جديدًا هو أسماك التِّنين dragon fish المُفترسة التي تعيش في أعماق البحار، كانوا مُهتمين بوظيفة جزء بارز طويل ونحيل ومُضيء يسمى الشُّويكة تلتصق أسفل الفك السفلي، وتمتد تحت جسمها. صمِّم تجربة يُمكن أن تُحدِّد وظيفة شويكة سمك التِّنين.

التفكير النّاقد

14. **استنتج.** ذكور الأسماك ذات الخياشيم الزَّرقاء تصنع عُشًّا وتحمي البيوض وصغارها. وتستطيع بعض الذُّكور المُتسللة أحيانًا أن تُلقِّح بعض البيوض. ويمكن لأسماك الخياشيم الزَّرقاء أن تتعرَّف أبناءها وتعتني بهم فقط، ولا تعتني بالآخرين الذين قد يكونون فقسوا في العش نفسه. ما أهمية تعرُّف ذكور أسماك الخياشيم الزرقاء أبناءها والاعتناء بهم فقط؟

2-2

مراجعة المفردات

استعمل المفردات من صفحة دليل مراجعة الفصل، واستبدل الكلمات التي تحتها خط بمصطلحات صحيحة:

15. الأُذين حجرة تستقبل الفضلات الغذائية والفضلات البولية والبيوض أو الحيوانات المنوية قبل أن تترك الجسم.

16. الغشاء الرَّامش يُمكِّن البرمائيات من سماع الأصوات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

17. للبرمائيات غشاء طبلة لحماية أعينها من الجفاف.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

18. أي مما يأتي عديم الأطراف؟

a. السلمندر.
b. السيسيليا السوداء.
c. الضفدع.
d. السحلية.

19. أي التراكيب الآتية تستعمله البرمائيات للمحافظة على اتزانها المائي؟

a. الأغشية الرامشة.
b. أغشية الطبلة.
c. الكلى.
d. مثانات العوم.

20. أي مما يأتي ليس مرتبطًا مع أبي ذُنيبة؟

a. الرئات.
b. الذيل.
c. الخياشيم.
d. التغذية النباتية.

أسئلة بنائية

21. نهاية مفتوحة. وضح أثر زيادة فترة التعرض للأشعة فوق البنفسجية في البرمائيات.

22. نهاية مفتوحة. صف كيف أنَّ تركيب البرمائيات وعملياتها الحيوية المتكيِّفة حاليًّا مع البيئات الاستوائية والمعتدلة قد يتعدلان لتتمكن من العيش في بيئات باردة.

23. نهاية مفتوحة. صف كيف تكيَّفت الحواس في البرمائيات للحياة على اليابسة.

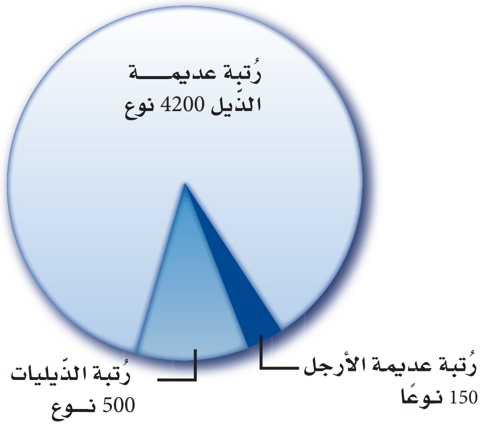
التفكير الناقد

24. صمِّم تجربة تتجمَّع يرقات أبي ذُنيبة من نوع معيَّن معًا على شكل مجموعات بعضها قريب إلى بعض، لدرجة أنَّ المجموعة تبدو كأنَّها كرة قدم متحرِّكة في الماء. صمِّم تجربة تختبر فرضية تبين لماذا يسلك أبو ذُنيبة هذا السلوك.

25. ابتكر. اقرأ الاعلان عن البيوت في وسائل التواصل الاجتماعية لترى كيف تُكتب. واكتب إعلانًا عن بيت حيوان برمائي؛ اعتمادًا على ما تعرفه عن البيئة والتَّغذِّي وحاجات الضفادع الأُخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

استعن بالرَّسم البياني أدناه للإجابة عن السُّؤال 26.



26. احسب. حدِّد نسبة كل رتبة من رتب البرمائيات بالاعتماد على المجموع الكلي للبرمائيات.

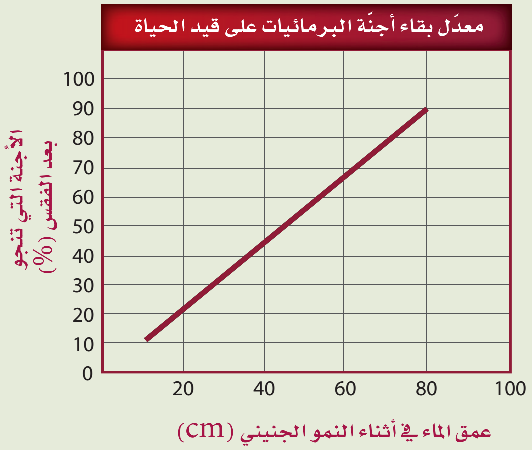
تقويم إضافي

27. **الكتابة في علم الأحياء** قم بإجراء بحث عن الجهود التي يقوم بها العلماء للمحافظة على البرمائيات. واكتب مقالاً صحفيًّا تلخص فيه ما تعلَّمته.

أسئلة المستندات

يُحاول العلماء أن يُحدِّدوا أسباب تناقُص جماعات البرمائيات خلال العُقود القليلة الماضية. ويوضح الرَّسم البياني الآتي نتائج إحدى الدِّراسات التي قيس فيها معدَّل بقاء أجنَّة البرمائيات على قيد الحياة، مقارنة بعمق الماء الذي تنمو فيه.

(استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤالين 28 و29)



28. صف العلاقة بين عمق الماء خلال نمو الأجنة ومعدَّلات بقائها.

29. كوِّن فرضية حول تناقُص جماعات البرمائيات بالنِّسبة للتَّغيُّر في المُناخ.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 1:

الصَف	المجموعة	الصفات
1	اللافقاريات الحبلية	تفتقر لوجود العمود الفقري.
2	الأسماك اللافكية	تفتقر لوجود الحبل الظهري.
3	الأسماك العظمية	لها هيكل من العظم.
4	الأسماك الغضروفية	لها هيكل من الغضروف.

1. أيّ صف في الجدول أعلاه يحوي معلومات غير صحيحة؟

a. 1 　 **b.** 2

c. 3 　 **d.** 4

2. أيّ العبارات الآتية لا تنطبق على البرمائيات؟

a. العديد منها ينقُصها الأطراف الخلفية خلال جزء من دورة حياتها.

b. العديد منها يُمضي وقتًا من دورة حياته في الماء وجُزءًا آخر على اليابسة.

c. معظمها يعتمد على مصدر ماء خارجي للمحافظة على رطوبة أجسامها.

d. معظمها لها جهاز خط جانبي معقد.

3. ما وظيفة جهاز الخط الجانبي في الأسماك؟

a. تحديد المواد الكيميائية في الماء.

b. تحديد التغيُّرات في ضغط الماء.

c. يساعدها على الرؤية الملونة.

d. إرسال الإشارات بين أسماك النوع الواحد.

4. أيّ التَّراكيب الآتية تستعمل في الحصول على الأكسجين وتنقله إلى خلايا الجسم في معظم البرمائيات البالغة؟

a. الخياشيم وجهاز الدوران المغلق

b. الخياشيم وجهاز الدوران المفتوح

c. الرِّئتان وجهاز الدوران المغلق

d. الرِّئتان وجهاز الدوران المفتوح

5. ما التكيف الذي يساعد السمك على عدم الانقلاب الجانبي من جانب إلى آخر في الماء؟

a. القشور المشطية.

b. الزعانف المزدوجة.

c. القشور الصفائحية.

d. مثانة العوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.

6. صِف كيف تتكون الفكوك، موضحًا أهميتها للأسماك.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 7،8.

7. صِف الفروق بين كل من: الأسماك التي تحرك جسمها على نمط الحرف S، والتي تحرك ذيولها فقط.

8. حدّد أين يمكن أن توجد الأسماك التي تحرك جسمها كاملًا على نمط الحرف S؟

9. قوِّم لماذا يُعدُّ وجود الحبل الظهري مهمًّا للمخلوقات الحية؟

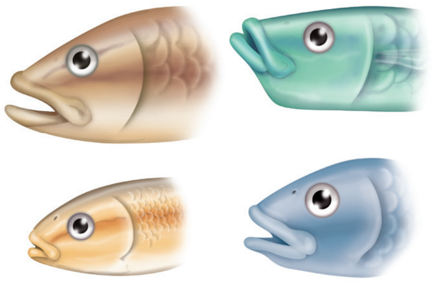
10. قارِن بين ثلاث خصائص للأسماك وثلاث خصائص لمجموعة مخلوقات حية أُخرى تعرَّفتها سابقًا.

أسئلة الإجابات المفتوحة

11. قوّم كيف تساعد المثانة الهوائية السمكة على التحكم في عمق غوصها في الماء؟

12. قارن بين جهازي الدوران لدى الضفدع والسمكة، وبيِّن أهمية هذه الاختلافات.

أسئلة مقالية



يُعد الفكّ تكيفًا مُهمًّا في تركيب السَّمكة؛ حيث أصبحت الأسماك أكثر تخصُّصًا في سلوكيات التَّغذّي. ولقد أعطى شكل الفك معلومات مهمَّة عن طريقة تغذي الأسماك، وعن نوع غذائها في بعض الحالات.

ويُمكن للعلماء ـ من دراسة الأشكال المُختلفة للفكوك ـ أن يفهموا كيف تتكيَّف الأنواع المُختلفة مع بيئاتها المحدودة.

استعن بالمعلومات المحدودة في الفقرة السابقة، وأجب عن السؤال الآتي في صورة مقال:

13. وضِّح كيف يتلاءم كل نوع من أنواع الفكوك الأربعة السابقة مع طبيعة الطَّعام الذي تأكله الأسماك؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الدرس / الفصل	2-1	2-2	2-1	2-2	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1
الصف	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1	2-1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 3

الزواحف والطيور

Reptiles and Birds

الفكرة العامة للزواحف والطيور تكيفات تساعدها على العيش والتكاثر بنجاح على اليابسة.

3-1 الزواحف

الفكرة الرئيسة خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.

3-2 الطُيور

الفكرة الرئيسة وهب الخالق جلَّ وعلا للطيور ريشًا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن، وتكيُّفات أخرى تسمح لها بالطيران.

حقائق في علم الأحياء

- تنثني أنياب أفعى الجرس وتنبسط على سقف فمها عندما يكون فمها مُغلقًا.
- عندما تفتح أفعى الجرس فمها في أثناء الهجوم تدور أنيابها إلى الأمام، وتصبح جاهزة لحقن السُّم من الغدة السمّيّة في الفك عبر فتحة في الأنياب.
- سرعة هجوم أفعى الجرس مُذهلة تصل إلى (2.4 m /s).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2023 - 1447

نشاط استهلالي

هل الرموز التاريخية للزّواحف والطيور دقيقة علميًا؟

خاف البشر عبر التاريخ من الطيور والزواحف، كما استعملوا رموزها في ثقافاتهم. وسوف تراجع في هذه التجربة أمثلة على زواحف وطيور اتُّخذت رموزًا، وتُحدِّد ما إذا كانت هذه التمثيلات دقيقة علميًّا.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ابحث عن رموز، أو قصص، تتعلق بالزواحف أو الطيور في ثقافات مختلفة.
3. حلِّل المعلومات التي وجدتها في الخطوة 2 من حيث الدقة العلمية، وكوّن فرضية حول سبب اتخاذ هذا الزاحف أو الطائر رمزًا في كل حالة.

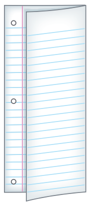
التَّحليل

1. **قوِّم** أي قدر من المعلومات التي حلَّلتها كان دقيقًا علميًّا؟ ولماذا تظن أن بعضها غير دقيق؟
2. **اكتب** اختر رمزًا واحدًا (أو أسطورة) يحوي معلومات غير دقيقة علميًّا، ثم صحّحها لتُصبح دقيقة.

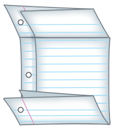
المطويات
منظمات الأفكار

خصائص الزواحف والطيور اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على المقارنة بين خصائص الزواحف والطيور.

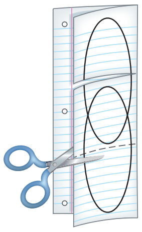
الخطوة 1: اطو صفحة من الورق رأسيًّا، تاركًا الثقوب مكشوفة كما في الشكل الآتي:



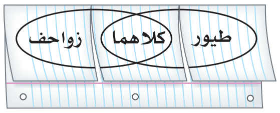
الخطوة 2: اطوِ الورقة ثلاثة أجزاء، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: أعد الورقة إلى ما كانت عليه في الخطوة 1، ثم ارسم أشكالاً بيضوية مُتداخلة. وقص الثنيات على طول الطبقة العلوية، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: عنون شكل فن كما في الشَّكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في أثناء دراستك للقسمين 1-3، و 2-3.** وسجل - وأنت تقرأ الخصائص المميزة للزواحف والطيور - الخصائص المشتركة بينهما.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

3-1

الزواحف Reptiles

الفكرة الرئيسة خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.

الرّبط مع الحياة ربما شاهدت شخصية كرتونية متحركة مضحكة تمثل الزواحف كأفعى أناكوندا الضخمة أو ديناصورًا مخيفًا. فكر وأنت تدرس هذا القسم، فيما إذا كان هذا الحيوان الزاحف يتشابه فعليًّا مع الحقائق العلمية والصفات الحقيقية للزواحف.

خصائص الزواحف Characteristics of Reptiles

لقد خلق الله تعالى للفقاريات أطرافًا متخصصة، وأجهزة دورانية وتنفسية، وتكيُّفات أُخرى ساعدتها على العيش على اليابسة، أمّا البرمائيات فلا تستطيع العيش بصورة دائمة على اليابسة؛ لأنها معرَّضة لتأثيرات الجفاف في أثناء حياتها على اليابسة، وبيوضها غير مُحاطة بقشرة، ويرقاتها تتنفَّس عن طريق الخياشيم. أما الزّواحف ـ ومنها السحلية كما في **الشكل 1 – 3** ـ فقد تكيفت للعيش على اليابسة، ومن خصائص الزواحف التي مكّنتها من العيش على اليابسة أن بيوضها محاطة بقشرة جلدية، وجسمها مغطى بجلد حرشفي سميك، ولها أجهزة دورانية وتنفسية ذات فاعلية أكبر.

البيوض الرهلية (الأمنيونية) Amniotic eggs يبيّن مخطط العلاقات التركيبية، المبين في **الشكل 1–3**، أن للزواحف خصائص مشتركة مع المجموعات الأخرى التي لها غشاء رهلي وأغشية أخرى تحيط بالجنين في أثناء نموه.

الغشاء الرهلي (الأمنيون) amnion غشاء يُحيط بالجنين مباشرة، مملوء بسائل رهلي يحمي الجنين خلال فترات نموّه. وتسمى المخلوقات الحية التي تمر بمثل هذا النوع من النمو المخلوقات الحية الأمنيونية (حيوانات الغشاء الرهلي)، وتضم الزواحف والطيور والثدييات.

الأهداف

- **توضّح** الخصائص التي تمكّن البيضة الرهليّة (الأمنيونية) من التكيف للعيش على اليابسة.
- **تُلخّص** خصائص الزواحف.
- **تميّز** بين رتب الزواحف.

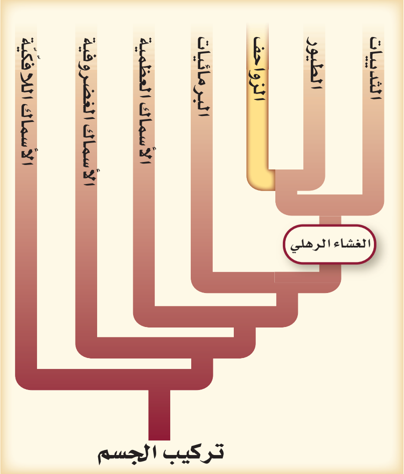
مراجعة المفردات

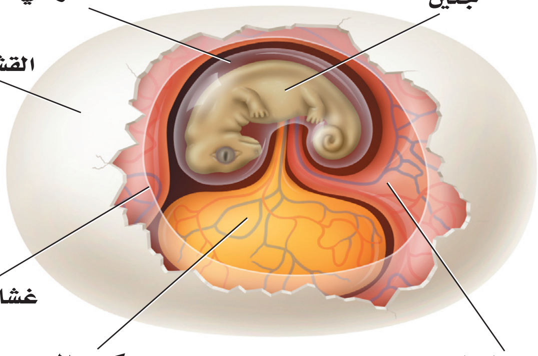
الجنين Embryo: أول مراحل نمو النباتات والحيوانات بعد إخصاب البويضة.

المفردات الجديدة

الغشاء الرهلي (الأمنيون)
البيضة الرهلية (الأمنيونية)
الطاقة ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات)
عضو جاكوبسون
درع الظهر
درع البطن

الشكل 1–3
اليمين: للزواحف والطيور والثدييات غشاء رهلي (الأمنيون).
اليسار: السحلية نوع من 7000 نوع من الزواحف التي تنتمي إلى طائفة الزواحف. وتعيش هذه الزواحف في بيئات برية ومائية متنوِّعة.





■ الشكل 2–3 تحاط البيضة الرهلية بقشرة وأغشية مملوءة بسائل يحمي الجنين من الجفاف في أثناء نموه.

تُحاط **البيضة الرهلية (الأمنيونية)** amniotic egg بقشرة واقية، والعديد من الأغشية الداخلية التي تنتشر تحوي سوائل بينها، كما هو مبين في **الشكل 2 – 3**. ويحصل الجنين داخل البيضة على الغذاء اللازم لنموه من كيس المُح. ويحيط بالجنين داخل الغشاء الرهلي سائل يسمى السائل الرهلي، يشبه البيئة المائية لأجنّة الأسماك والبرمائيات. أمّا كيس الممبار فهو غشاء يُكوِّن كيسًا يحتوي على الفضلات التي يُنتجها الجنين. ويُسمّى الغشاء الخارجي للجنين (أسفل القشرة مباشرة) غشاء الكوريون، ويسمح بدخول الأكسجين، ويحفظ السائل داخل البيضة. وفي الزواحف تحمي القشرة الجلدية السوائل الداخلية والجنين، وتحمي البيضة من الجفاف على اليابسة. أما في الطيور فتكون القشرة صلبة، لا جلدية.

ماذا قرأت؟ قوّم ما الأهمية التي توفرها البيضة الرهلية للمخلوق الحي ليصبح قادرًا على العيش على اليابسة فقط؟

الجلد الجاف والحُرشفي Dry, scaly skin على الزواحف ـ بالإضافة إلى حفظ السّوائل في البيوض ـ أن تحفظ السوائل داخل أجسامها؛ فجلدها الجاف يمنع فقدان السوائل الداخلية. وهناك طبقة من الحراشف للعديد من الزواحف تحميها من الجفاف أيضًا. ومع ذلك فللغطاء الخارجي القاسي مشكلاته، ومنها أن المخلوق يُواجه صعوبة في النمو. ولكي ينمو تقوم بعض الزواحف ـ ومنها السحلية في **الشكل 3–3** ـ بالانسلاخ بشكل دوري.

التنفس Respiration معظم الزواحف ـ ما عدا بعض السلاحف المائية التي تتميز بطريقة مختلفة في دخول الهواء إلى رئاتها نظرًا لوجود الدرع ـ تعتمد على الرئات لتبادُل الغازات. تذكّر أنه عندما تتنفس البرمائيات فإنها تضغط على الحنجرة (الحلق) لمرور الهواء إلى رئاتها. أما الزواحف فلديها القدرة على سحب الهواء إلى داخل رئاتها، أو تقوم بعملية الشهيق بانقباض عضلات القفص الصدري وجدار الجسم لتوسيع الجزء العلوي من التجويف الجسمي الذي يحوي داخله الرئات. وتقوم الزواحف بعملية الزفير عندما تنبسط العضلات نفسها. وتتبادل الزواحف الغازات عن طريق الرئات التي لها مساحة سطح أكبر من مساحة سطح رئات البرمائيات. ومع وجود المزيد من الأكسجين يزداد إنتاج **الطاقة ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات)** وهو الجزيء الكيميائي الذي يزود أجسام المخلوقات الحية بالطاقة اللازمة لنشاطاتها من خلال تفاعلات الأيض، وتصبح متاحة للقيام بحركات أكثر تعقيدًا.

المفردات

أصل الكلمة

الحرشف Squamata

Squama- من اللاتينية، وتعني الحُرشفة. –ata من اللاتينية، وتعني يملك. وفي اللغة العربية، فالحرشفة تعني القشور الموجودة على ظهر بعض الحيوانات والحشرات.

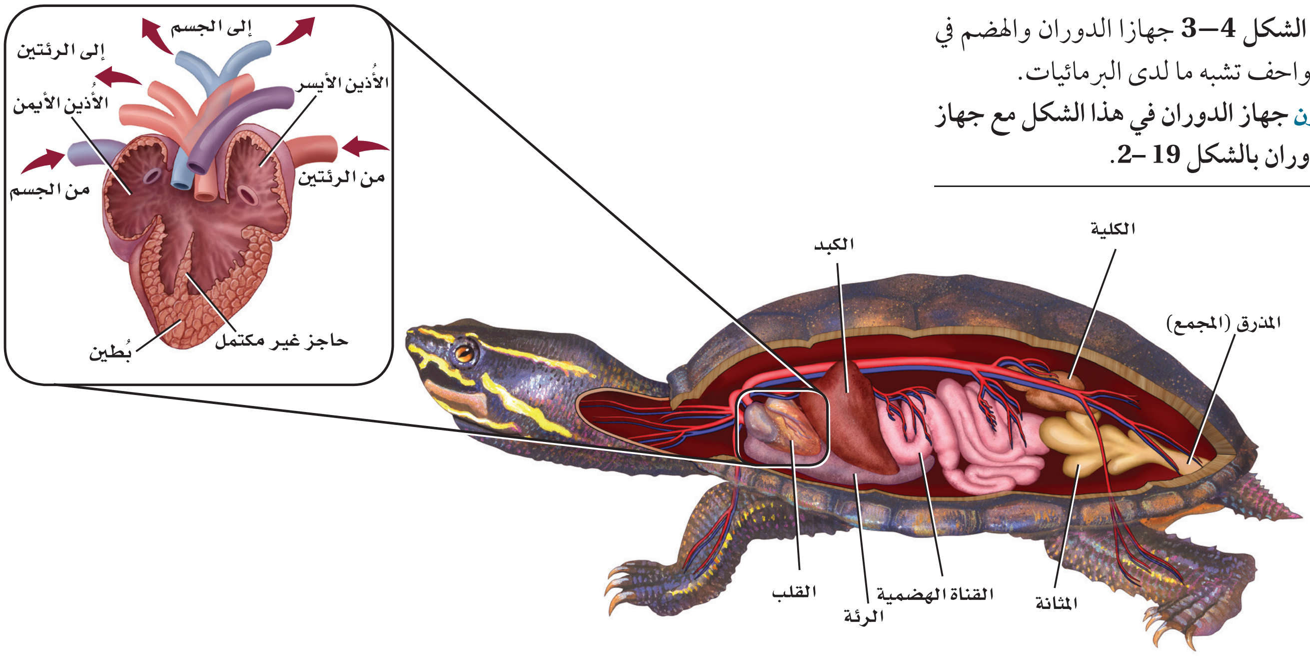
تجربة عملية
ما تراكيب بيضة الدجاجة ووظائفها؟
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

المطويات
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

■ الشكل 3–3 تنسلخ بعض الزواحف كلما زاد نموها.
قارن بين الانسلاخ في الزواحف والمفصليات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ **الشكل 4–3** جهازا الدوران والهضم في الزواحف تشبه ما لدى البرمائيات.
قارن جهاز الدوران في هذا الشكل مع جهاز الدوران بالشكل 19–2.

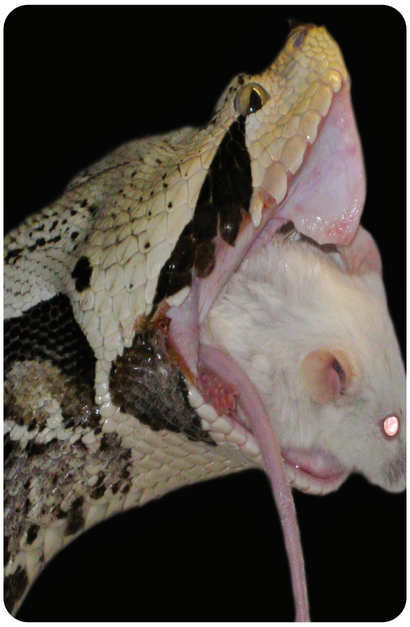


الدوران Circulation يدخل الأُكسجين في معظم الزواحف من الرئتين إلى الجهاز الدوراني الذي يشبه جهاز الدوران في البرمائيات. ولمُعظم الزواحف أُذينان منفصلان وبُطين واحد مفصول جزئيًّا بحاجز غير كامل، كما في **الشكل 4–3**. أمّا في التماسيح فيكون الحاجز في البُطين كاملًا، لذلك فإن له قلبًا ذا أربع حُجرات منفصلة يُبقي الدم الغني بالأكسجين بعيدًا عن الدم القليل الأكسجين داخل القلب.

ولأن الزواحف أكبر حجمًا من البرمائيات فإنها تحتاج إلى ضخّ الدم بقوة كافية ليصل إلى أجزاء الجسم البعيدة عن القلب. فعلى سبيل المثال، كان على الديناصور Brachiosurus ضخّ الدم إلى أكثر من 6 m من القلب إلى الرأس!

التغذية والهضم Feeding and digestion تشبه أعضاء الجهاز الهضمي في الزواحف ـ المبينة في **الشكل 4–3** ـ مثيلتها في البرمائيات والأسماك. وللزواحف طرائق تَغَذٍّ متنوعة وأغذية مختلفة. ومعظم الزواحف من آكلات اللحوم، وإنْ كان بعضها يتغذى على النباتات، ومنها الإجوانا Iguana والسلاحف. وبعض السلاحف حيوانات قارتة، أي آكلات لحوم ونباتات في الوقت نفسه. وللسلاحف والتماسيح ألسنة تُساعدها على الابتلاع، في حين أن لبعض السحالي ـ ومنها الحرباء ـ ألسنة طويلة لزجة؛ للإمساك بالحشرات.

وللأفاعي قدرة على ابتلاع فريسة أكبر كثيرًا من حجمها. فعظام الجمجمة في الأفاعي ـ وكذلك فكوكها ـ مرتبط بعضها مع بعض بأربطة مرنة، بحيث تمكّنها من الابتعاد بعضها عن بعض عند ابتلاع فرائس كبيرة الحجم، كما في **الشكل 5–3**. وحتى تبتلع الفريسةَ فإن الجهتين المتقابلتين من الفكين (العلوي والسفلي) تندفعان إلى الأمام بالتبادل، ثم تعودان لتسحبا الطعام. ولبعض الأفاعي سم يستطيع شلّ حركة الفريسة وتحليلها، ثم تبدأ عملية هضمها.



■ **الشكل 5–3** يُمكن للأفاعي أن تبتلع وجبة أكبر حجمًا من أفواهها؛ لأنَّ فكيها العلوي والسفلي متصلان بأربطة مرنة، ويُمكن للفكين أن يتحركا بشكل مُنفصل أحدهما عن الآخر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الإخـراج Excretion خلـق الله تعالى للزواحف جهـازًا إخراجيًّا لتعيش على اليابسـة. وتنقي الكليتان الـدم وتُزيل الفضلات، كما في **الشـكل 4–3**. وعندما يدخل البول إلى المجمع يتم إعادة امتصاص الماء فيتكون حمض البوليك، وهو فضلات شـبه صلبة. وهذه الطريقة في إعادة امتصاص الماء تُمكّن الزواحف من حفظ الماء وثبات الاتزان الداخلي للماء والأملاح في أجسامها.

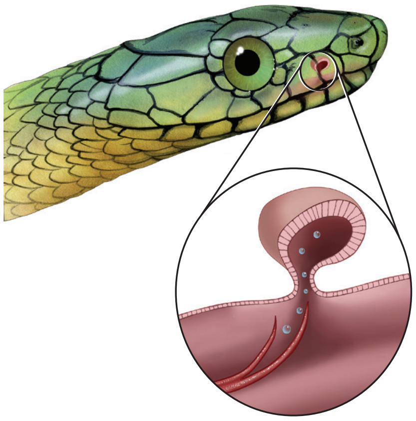
الدمـاغ والحواس The brain and senses أدمغـة الزواحـف تشـبه أدمغة البرمائيات، إلا أن مخ الزواحف أكبر حجمًا. ولأنَّ وظيفة البصر والعضلات أكثر تعقيدًا فإن الجـزء البصري وأجزاء المُخيخ في دماغ الزواحف أكبر من تلك التي في البرمائيات. والبصر هو الحاسة الرئيسـة في معظم الزواحف، حتى إن بعض الزواحف لديها القدرة على تمييز الألوان. ويتنوع السمع في الزواحف؛ فلبعضها غشـاء طبلة يشـبه الذي في البرمائيات. وهناك زواحف أخرى ـ ومنها الأفاعي ـ تلتقط الذبذباتِ الصوتيةِ عن طريق عظام فكّها.

حاسة الشم في الزواحف معقدة أكثر من البرمائيات. ولعلك شاهدت أفاعي تُخرج لسانها الذي يشبه الشوكة، إنها تفعل ذلك لتشم الروائح، حيث تلتصق جزيئات الرائحة باللسان، الذي تُدخله الأفعى إلى فمها. فتنتقل جزيئات الرائحة إلى زوج من التراكيب يشبه الكيس يسمى **أعضاء جاكوبسون** jacobson's organs، كما في **الشكل 6–3**. وتوجد هذه التراكيب التي تميز الروائح في سـقف حلق فم الأفعى. وقد أظهرت التجارب أن الأفعى ـ من دون أعضاء جاكوبسون ـ تجد صعوبة في تحديد الفريسة، وشريك التزاوج.

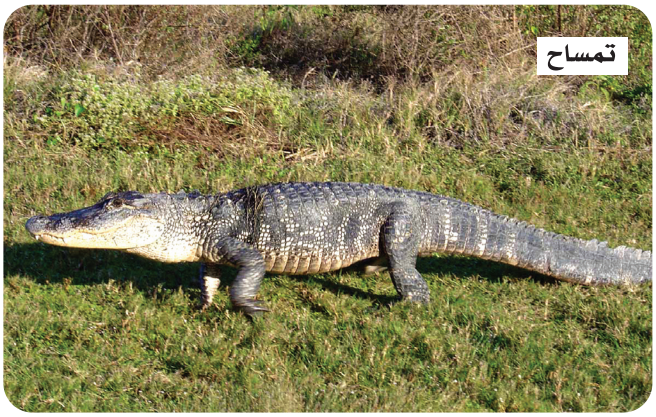
ماذا قرأت؟ **قارن** بين الدماغ والحواس في الزواحف والبرمائيات.

تنظيـم درجـة الحـرارة Temperature control الزواحـف كالبرمائيات، متغيرة درجة الحرارة، فلا يُمكنها أن تولّد حرارة جسمها، بل تُنظّم درجة حرارتها سـلوكيًّا. فلعلك شاهدت سـلحفاة تسير تحت أشعة الشـمس، مما يرفع درجة حرارة جسـمها. وقد تخفض درجة حرارة جسمها بالانتقال إلى الظل أو الدخول في الجحور الباردة. وبعض الزواحف في المناطق المعتدلة تقضي الشتاء مختبئة داخل الجحور، أو تدخل في حالة سـبات (بيات شتوي)، حيث ينخفض معدل الأيض في أجسامها، فتنخفض درجة حرارة أجسامها. وبعض الزواحف الأخرى ـ ومنهـا الأفاعي ـ تتجمع معًا بالمئات، فيغطّي بعضها بعضًا على هيئة كُتل خلال الشتاء، بحيث تقلل فقدان الحرارة.

الحركة Movement قارن بين موقع الرِّجل في السَّلمندر وموقعها في التمساح المبين في **الشـكل 7–3**. ولاحظ أنَّ بطن السلمندر يكون على الأرض، في حين يكون بطن التمسـاح مرتفعًا عنها. وبعض الزواحف تشبه البرمائيات؛ إذ تتحرك بأطراف بارزة من جانبي الجسم تضغط على الأرض من جهة، فتسمح بدفع الجسم من الجهة الأخرى المقابلة. أما أطراف التمساح فتدور بحرية تحت الجسم، وهي تحمل أوزانًا أكبر، وتسمح بحركة سريعة. ولكي تحمل الزواحف أوزانًا أكبر على اليابسة يجب أن تكون هياكلها أقوى، وذات تراكيب عظمية أثقل. وللزواحف مخالب في أصابعها تُساعدها على الحفر، والتسلُّق، والتثبت بالأرض للسحب والجر.



الشكل 6–3 تسـتعمل الأفاعي أعضاء جاكوبسون في الفم للإحساس بالروائح.



■ **الشكل 7–3** يتحرك السَّلمندر بأرجل مفلطحة تضغط على الأرض فتدفع أجسامها نحو الأمام. وللتماسيح أرجل ملتوية تحت أجسامها، تحملها بعيدًا عن الأرض.

التكاثُر Reproduction الإخصاب في الزواحف داخلي، وتنمو البويضة بعد الإخصاب، فتكوِّن جنينًا جديدًا يحيط به أغشية البيضة الأمنيونية لضمان نموه بصورة آمنة. ويكوِّن الجهاز التناسلي الأنثوي قشرة جلدية تحيط بالبيوض التي ينتجها. ويتغذى الجنين من المح في البيضة. وعادة تحفر الأُنثى حفرة في الأرض تضع فيها البيوض، أو تضعها في بقايا النباتات. وتترك معظم الإناث البيوض وحدها بعد وضعها حتى تفقس. وتبني التماسيح عشًّا تضع فيه البيوض. أما بعض الأفاعي والسحالي فتبقي البيوض داخل أجسامها حتى تفقس الصغار. وبهذه الطريقة يتم حماية البيوض داخل جسم الأم حتى تفقس منها صغار مكتملة النمو.

تنوُّع الزواحف Diversity of Reptiles

بعد انقراض الديناصورات، بقيت أربع رتب من الزواحف، هي: رتبة الحرشفيات Squamata؛ ومنها الأفاعي والسحالي، ورتبة التمساحيَّات Crocoditia؛ ومنها التماسيح، ورتبة السلحفيات Testudinata؛ ومنها السلاحف، ورتبة خطمية الرأس Sphenodonta، ومنها التواتارا.

السحالي والأفاعي Lizards and snakes للسحالي عمومًا أرجل بأصابع ذات مخالب، كما لها أيضًا جفون مُتحرِّكة، وفك سفلي ذو مفاصل متحركة تسمح بمرونة حركة الفك، وأغشية طبلة في الفتحات الأذنية. والسحالي الشائعة تشمل الإجوانا المبينة في **الشكل 8–3**، والحرباء، والحرذون، والضب، والورل.

■ **الشكل 8–3** الأفعى الشجرية الخضراء –البايثون العاصر – والإجوانا الخضراء كلتاهما تتبع رتبة الحرشفيات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أمّا الأفاعي فليس لها أرجل، ولها ذيول أقصر من ذيول السحالي، وليس لها جفون متحركة ولا أغشية طبلة. وهي كالسحالي لها مفاصل في فكوكها تُمكِّنها من ابتلاع فرائس أكبر حجمًا من رؤوسها. وبعض الأفاعي ـ ومنها الأفعى ذات الجرس الموضحة في الصورة بداية هذا الفصل ـ لها سُمّ يمكنه أن يشلّ حركة الفريسة أو يقتلها ومنها أيضاً الأفاعي المقرنة. وبعض الأفاعي لا تنتج سمًّا، وإنما هي أفاعٍ عاصرة، أي تستعمل عضلاتها القوية لعصر الفرائس، ومنها أفعى البايثون العاصرةُ الخضراء المبينة في **الشكل 8–3**، والأناكوندا والبوا Boas، حيث تخنق فريستها بالالتفاف حولها والضغط عليها حتى تموت بسبب عدم قدرتها على التنفُّس.

ماذا قرأت؟ صف الطرائق المختلفة التي تُمسك بها الأفعى فريستها.

السلاحف Turtles لاحظ أن الدرع الواقية التي تحيط بجسم السلحفاة، المبينة في **الشكل 9 – 3**، تجعلها مختلفة عن غيرها من الزواحف. ويسمى الجزء الظهري من هذه الدرع **الدرع الظهري** carapace (الواقي)، والجزء البطني **الدرع البطني** plastron. وتلتحم الفقرات والأضلاع في معظم السلاحف مع الدرع الظهري. وتستطيع العديد من السلاحف سحب رأسها وأرجلها إلى داخل دروعها لحماية نفسها من المفترسات. وبعض هذه السلاحف مائية، وبعضها الآخر يعيش على اليابسة، ويسمى السلاحفَ البريَّة tortoises. وليس للسلاحف البريَّة أو المائية أسنان، وإنما لها حواف فم حادة وصلبة يمكنها أن تسبب عضَّة قوية.

التماسيح والقواطير Crocodiles and alligators تضم رتبة التمساحيات التماسيح والقواطير (التماسيح الأمريكية) والكيمان Caimans. وبخلاف معظم الزواحف، للتمساحيات قلب مكوّن من أربع حجرات. وهي صفة تميز الطيور والثدييات أيضًا؛ لأنَّ القلب ذا الحجرات الأربع يوصل الأكسجين بفاعلية أكبر. وتمكِّن العضلات القوية التمساحيات من التحرُّك بسرعة وبطريقة عدوانية داخل الماء وخارجه؛ فهي تُهاجم حيوانات في حجم الماشية والغزلان، وقد تهاجم الإنسان. وللتماسيح مقدمة رأس طويلة، وأسنان حادة، وفكوك قوية. وأسنان التماسيح تشبه مثيلاتها في الديناصورات. وللقاطور عمومًا ـ كما في **الشكل 9–3** ـ مقدمة رأس أعرض مما للتّماسيح. والفك العلوي في القاطور أعرض من الفك السفلي.

إرشادات الدراسة

نظرة عامة للدراسة الدرع الظهري Carapace تعبير استعمل في هذا القسم. استعمل كلمات أُخرى تصف هذا المصطلح. وتوقَّع معنى كلمة الدرع الظهري.

الشكل 9–3 درع السلحفاة يساعد على حمايتها من المفترسات. وللقاطور مقدمة رأس عريضة وحراشف سميكة تغطي جسمه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

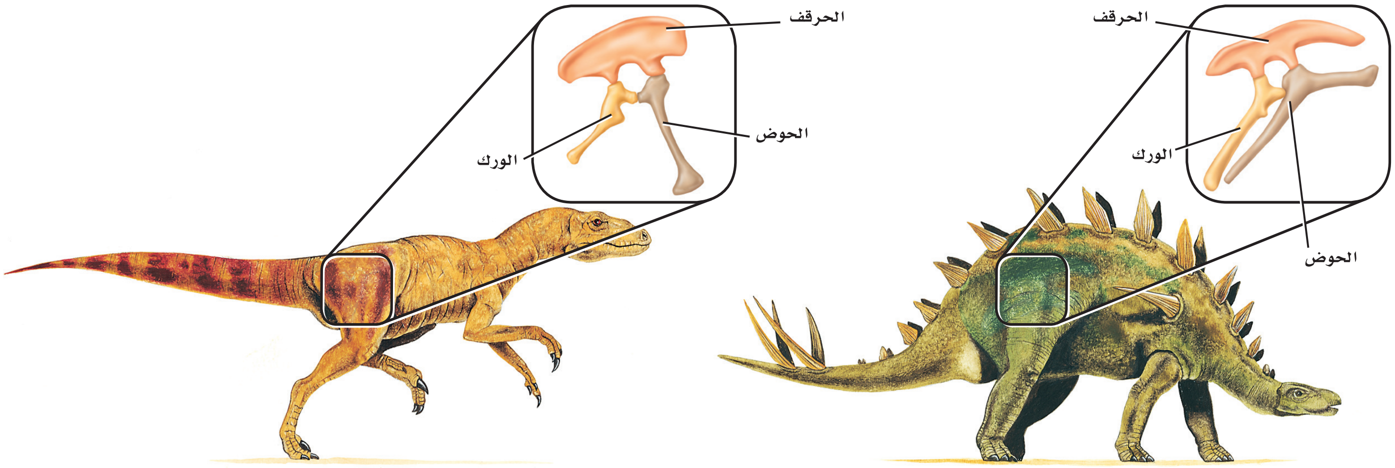
■ **الشكل 10–3** يصل طول التواتارا مترين تقريبًا، ويعيش نحو 80 عامًا في البرّيّة.

وعندما يغلق القاطور فمه يتداخل الفك العلوي مع السفلي، وتختفي أسنانه بصورة كاملة تقريبًا. وللفكين العلوي والسفلي في التمساح العرض نفسه. لذا فعندما يغلق التِّمساح فمه، تبدو بعض الأسنان من الفك السُّفلي واضحة بسهولة.

التواتارا Tuataras تشبه التواتارا السحلية الكبيرة، **الشكل 10–3**. وتوجد فقط في جزر بعيدة عن شاطئ نيوزلندا، ويوجد منها نوعان. وللتواتارا عُرف من الأشواك يمتد على طول ظهره، وعين ثالثة على قمة الرأس. تستطيع أن تحس بضوء الشمس على الرغم من تَغطِّيها بالحراشف التي يعتقد علماء الأحياء أنَّها ربما تقي التواتارا من حرارة الشمس الزائدة. ومن الصفات الفارقة في التواتارا أن لها أسنانًا فريدة، مُقارنة بتلك التي في الزواحف الأُخرى؛ فهناك صفان من الأسنان في الفك العلوي يقصّان الطعام بمساعدة صف من الأسنان في الفك السفلي، وهذا ما يعطيها صفة الافتراس للفقاريات الصغيرة.

الربط مع علوم الأرض **الديناصورات Dinosaurs** عاشت الديناصورات على الأرض لأكثر من 165 مليون عام. وبعض الديناصورات ـ ومنها التيرانوسورس ركس *Tyrannosaurus rex* ـ كان ارتفاعه 6 m، وطوله 14.5 m، ووزنه أكثر من 7 أطنان، وكان مفترسًا. وبعضها الآخر ـ ومنها ثلاثي القرون *Triceratops* ـ كان له قرون ضخمة، وكان آكل أعشاب. وعلى الرغم من تنوع الديناصورات فإنه يمكن تقسيمها إلى مجموعتين كما هو مبين في **الشكل 11 – 3**، اعتمادًا على تراكيب عظام الورك فيها. فالنوع الأول ـ ومنه السوريسكيانات ـ تتجه فيه عظام الورك إلى الأمام، ويمتاز بأن عظام الورك فيه تخرج وتبرز من مركز منطقة الحوض. أما في النوع الثاني ـ ومنه الأورنيثيسكيانات ـ فتخرج عظام الورك من الحوض، وتتجه إلى الخلف نحو الذيل.

■ **الشكل 11–3** للسّوريسكيانات ورك يتجه إلى الأمام. أمّا الأورنيثيسكيانات فلها العظم نفسه مُتَّجهًا إلى الخلف في اتجاه الذيل.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

يُعرف العصر الطباشيري بعصر الانقراض العالمي الضخم للعديد من الأنواع، ومنها الديناصورات؛ إذ يعتقد بعض العلماء أنَّ مُذنَّبات ضربت الأرض وسبَّبت الانقراض، وحجبت سحبُ الغبار أشعةَ الشَّمس، ممّا سبَّب ظهور مُناخ بارد. وهذا التغيُّر ـ مع وجود الحرائق والغبار السَّام والغازات ـ ربما أدّى إلى موت العديد من النباتات والحيوانات في ذلك الوقت. وعندما اختفت الديناصورات أصبحت الأماكن التي كانت مُسيطرًا عليها متاحة للفقاريات الأُخرى لتتكاثر وتنمو وتزيد من فرصة بقائها.

بيئة الزواحف Ecology of Reptiles

تؤدي الزواحف دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية، بوصفها فريسة ومفترسًا. ويمكن أن يختل الاتزان في النظام البيئي إذا أزيلت أنواع الزواحف. فعلى سبيل المثال، إزالة أنواع محددة من الأفاعي من البيئة باستمرار يؤدي إلى ازدياد جماعات القوارض. ويعد فقدان الموطن البيئي وإدخال أنواع خارجية دخيلة عوامل تساهم في تناقص جماعات بعض أنواع الزواحف.

مختبر تحليل البيانات 3-1

بناءً على بيانات حقيقية

تفسير الشّكل

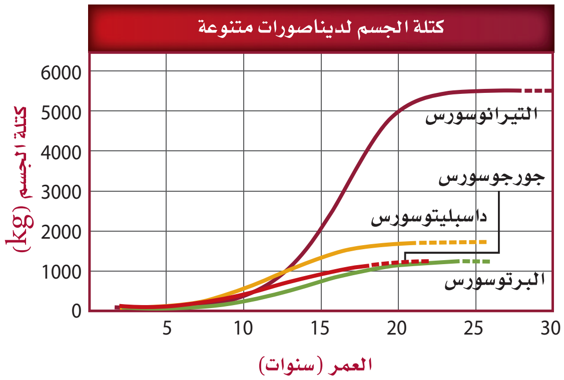
ما سرعة نموّ الديناصورات؟ درس العلماء مقاطع رقيقة من نسيج عظام أحفورة لتحديد سرعة نموّ العظم فيها. ويمكن للعلماء ـ بدراسة سرعة نموّ الديناصورات ـ أن يستنتجوا معلومات عن بيئاتها وجماعاتها.

التفكير الناقد

1. **قارن** أيّ عمر كان فيه نمو الديناصورات أكبر ما يمكن؟ فسّر ذلك.
2. **حلِّل** البيانات أي الديناصورات كان معدل نموه بطيئًا، وأيها كان معدل نموه أسرع؟
3. **استنتج** للعظام ذات النموّ السَّريع العديد من الأوعية الدموية. فكيف تبدو عظام التيرانوسورس *Tyrannosaurus* مقارنة بتلك التي في الداسبليتوسورس *Daspletosaurus*؟

البيانات والملاحظات

يبين الرسم البياني منحنيات نموّ – معتمدة على العظم – تقارن بين عدَّة ديناصورات.



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Stokstad , E. 2004. Dinosaurs under the knife. *Science* 306:962–965

■ **الشكل 12–3** تعيش أفعى الغرطر (*Thamnophis sertalis tetrataenia*) في الأراضي الرطبة أو العُشبية بجانب البرك والسَّبخات.

فقدان الموطن البيئي Habitate loss تأثَّرت بعض القواطير والتماسيح بفقدان الموطن البيئي؛ حيث إن تدمير الأراضي الرطبة من أجل البناء أدَّى إلى تناقص أعداد هذه الزواحف. وبقي القاطور مهدَّدًا بالانقراض، مع بقاء 500 – 1200 حيوان منها فقط. ومع ظهور قوانين تحمي الأراضي الرطبة في بعض المناطق عاد التوازُن إلى أعداد جماعات القاطور بشكلٍ كافٍ ليتغيَّر وضعه من مُهدَّد بالانقراض إلى مُهدَّد فقط.

إدخال أنواع خارجية جديدة Introduction of exotic species عندما يتم إدخال أنواع خارجية دخيلة على النظام البيئي في منطقة ما فإنَّ الحيوانات الأصليّة (المحلية) ربما تواجه خطرًا بسبب الافتراس أو التَّنافُس على الغذاء. فعلى سبيل المثال، عندما أُدخل النمس -وهو حيوان ثديي صغير- إلى جامايكا لقتل الجرذان في حقول قصب السُّكر تغذَّى على أنواع عديدة من السَّحالي، التي يُعتقد أنَّها انقرضت بسبب ذلك. وتشمل هذه السحالي أنواعًا مُهدَّدة بالانقراض، منها الإجوانا الجامايكية.

وبعض الأنواع -ومنها أفعى الغرطر Grater Snak المبينة في **الشَّكل 12-3**- عانت من تناقُص في أعدادها بسبب فقدان الموطن، وبسبب إدخال مخلوقات دخيلة أيضًا. إنَّ استعمال الأراضي من أجل البناء والزِّراعة أدَّى إلى فقدان الموطن البيئي لهذه الأفعى. وإدخال الضفدع الثور -وهو ضفدع غازٍ لبيئة هذه الأفعى- أثَّر في أعداد هذه الأفاعي؛ إذ يأكل الضفدع الثور Bullfrog كلًّا من أفعى الغرطر والضفدع ذا الرِّجل الحمراء Red – legged frog الذي يشكّل مصدر غذاء لأفعى الغرطر.

التقويم 1–3

الخلاصة

- وهب الله للزَّواحف عدة أنواع من التكيُّفات التي مكّنتها من العيش على اليابسة.
- تكيّف بيض الزواحف للنمو والعيش على اليابسة.
- تقسم الزَّواحف إلى أربع رتب، هي: الحرشفيات، والتمساحيات، والسلحفيات، وخطمية الرأس.
- الزواحف مخلوقات أمنيونية. والعديد من الزواحف -ومنها الديناصورات- انقرضت.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** الخصائص التي مكّنت الزواحف من العيش على اليابسة.
2. **صف** أجزاء البيضة الأمنيونية. وبيّن كيف سمح هذا التركيب بالتكيف على اليابسة.
3. **قارن** بين أفراد رتبة الحرشفيات وأفراد رتبة خطمية الرأس.
4. **وضح** الفرق بين الأفاعي والسحالي. وأعطِ مثالاً يوضح كلًّا منهما.

التفكير الناقد

5. **اعمل نموذجًا** لبيضة أمنيونية كما في **الشكل 2-3**. ما وظيفة كل غشاء؟
6. الرياضيات في علم الأحياء تتناسب قوة العضّ في القاطور طرديًّا مع طوله. فإذا كانت قوة العضّ في قاطور طوله 1 m تساوي 268 kg فما قوة عضّ قاطور طوله 3.6 m؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

3-2

الأهداف

- **تلخص** خصائص الطيور.
- **تربط** بين تكيفات الطيور وقدرتها على الطيران.
- **تصف** الرتب المختلفة للطيور.

مراجعة المفردات

بـرّيّ terrestrial: يعيش على اليابسة، أو تحت سطحها.

المفردات الجديدة

ثابتة درجة الحرارة
الريش
الريش المحيطي (الكفافي)
الغدَّة الزيتية
الريش الزغبي
عظم القص
كيس الهواء
الحضانة

الطيور Birds

الفكرة الرئيسة **وهب الخالق جل وعلا للطيور ريشًــا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن وتكيفات أخرى تسمح لها بالطيران.**

الربط مع الحياة قد تكون الطيـــور من أكثر الفقاريات الشـــائعة التي تراها. وربما سمعت أقوالًا مشـــهورة منها: "حرٌّ مثلُ الطائر"، أو "الطيور على أشكالها تقع"، أو "خفيف كالرِّيشـــة". عند قراءتك لهذا القســـم انظر هل تشير هذه الأقوال إلى معنى علمي دقيق؟

خصائص الطيور Characteristics of Birds

عندمـــا يطلب المعلم منك وصف طائرٍ ما، فقد تجيب بأن له ريشًـــا ويطير. وهاتان سمتان تميز الطيورعن الفقاريات الأخرى؛ إذ تنتمي الطيور إلى طائفة الطيور Aves التي تضم نحو 8600 نـــوع، مما يجعلها أكثر الفقاريات البريَّة تنوعًا. وتتباين الطيور فـــي حجومها، فمنها طائر الطنان الصغير الحجم الذي يحوم حول الأزهار، والنَّعام الذي لا يطير، بل يركض عبر ســـهول إفريقيا. وتعيش الطيور في الصحراء والغابات والجبال والبراري وتطير فوق كل البحار.

ويوضح مخطط العلاقات التركيبية، في **الشكل 13-3**، أن ما يميز الطيور والزواحف هو الســـائل الرهلي (الأمنيون). فالطيور تضع بيضًا أمنيونيًّا (رهليًّا). ومن الصفات المشتركة بينهما أيضًا أن أرجل الطيور مغطاة بحراشف تشبه تلك التي تغطي أجسام الزواحف.

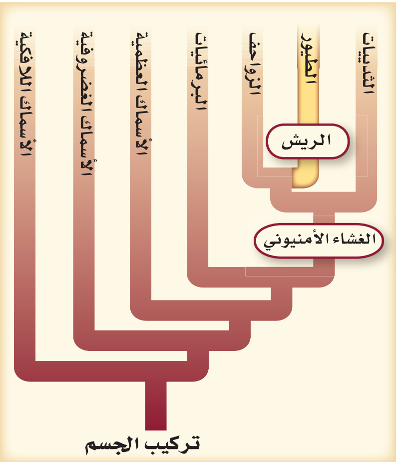
فقد خلق الله ســـبحانه وتعالى للطيـــور مجموعة من التكيفـــات ـ ومنها الطيران ـ لتســـتطيع العيش في البيئات المتنوعة. ومن هـــذه التكيفات أيضًا قدرتها على إنتاج الحرارة الداخلية في أجســـامها (ثابتة درجة الحرارة)، ووجـــود الرِّيش، وعظامها خفيفة الوزن. وقد تكيّف جهازا الدوران والتنفُّس أيضًا ليزوّدا العضلات بأكسجين أكثر للطيران.

ثابتـة درجة الحـرارة Endotherms على العكس من الزَّواحف، تولد الطيور حرارتها داخليًّا. **الثابتة درجة الحرارة** endotherm مخلوقات تولِّد حرارة جســـمها داخليًّا عـــن طريق العمليات الأيضيـــة الخاصة بها. ويرتبط معـــدل الأيض العالي بالحرارة الداخلية للجســـم، ممـــا يؤدي إلى توليد وإنتاج كميـــات كبيرة من الطاقة (ATP) يمكن استعمالها لتوفير طاقة العضلات أو حاجات أخرى.

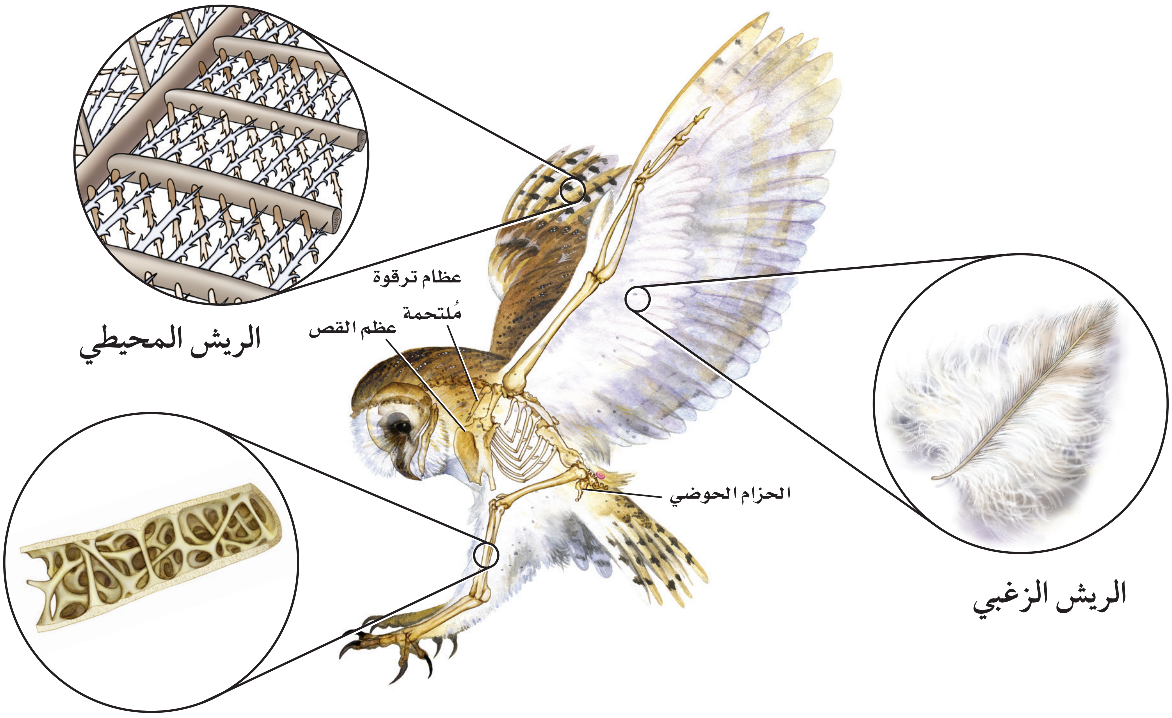
وتبلغ درجة حرارة جســـم الطائر 41°C تقريبًا. أما درجة حرارة جســـم الإنسان فهي 37°C. وتُمكّن درجة حرارة الجســـم العالية خلايا العضلات الخاصة بالطيران من استهلاك كميَّات كبيرة من ATP اللازمة لانقباض العضلات السريع خلال الطيران.

ماذا قرأت؟ وضح لماذا يعدّ ثبات درجة حرارة الجسم تكيفًا للطيران؟

الشـكل 13-3 يوضح مخطط العلاقات التركيبيـــة أن الرِّيـــش صفة فريـــدة خاصة بالطيور.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 14–3** للطيور ريش محيطي، وريش زغبي، وعظام خفيفة الوزن.

الريش Feathers الطيور هي المخلوقات الحيَّة الوحيدة التي يغطي أجسامها الريش. **والريش** feathers زوائد نمو متخصِّصة من جلد الطيور، مكوّنة من الكيراتين؛ وهو بروتين في الجلد يكوّن أيضًا الشَّعر والأظافر والقرون في بعض المخلوقات الحية الأخرى. وللريش وظيفتان أساسيتان، هما: الطيران، والعزل؛ إذ يمنع الريش فقدان الحرارة التي تولّدها عمليات الأيض في جسم الطائر. وعندما ينفش الطائر ريشه يُكوِّن فراغًا هوائيًّا عازلًا يحبس الحرارة. وهو ما يشبه عمل الغطاء عندما تكون نائمًا، فيكوّن الغطاء فراغًا هوائيًّا عازلًا بينك وبين الهواء البارد الموجود في الغرفة، مما يمنع فقدان حرارة الجسم.

والرِّيش الذي يُغطِّي الجسم والأجنحة وذيل الطائر يسمى **الريش المحيطي** (الكفافي) contour feathers. افحص الريش المحيطي المبين في **الشكل 14–3**. يتكوَّن الرِّيش المحيطي من قصبة ذات أشواك متفرِّعة، وتتفرَّع هذه الأشواك إلى شُويكات تتماسك معًا بخطَّافات. فإذا انفصلت الأشواك بعضها عن بعض فإنَّها تعاود الاتصال مرة أخرى كأسنان سحّاب الملابس. وتُصلح الطيور الروابط المنكسرة بين أشواك الريش عندما تقوم بتزييت ريشها، حيث تمرّ بمنقارها على طول الريشة. وتستغرق الطيور الكثير من الوقت في إعادة بناء الروابط المنكسرة في ريشها. وللعديد من الطيور **غدَّة زيتية** preen gland، وهي غدَّة موجودة قريبًا من قاعدة الذيل تُفرز الزيت. وفي أثناء عملية التزييت تنشُر الطيور زيتًا من الغُدَّة الزيتية على ريشها، فتكوّن غلافًا مُقاومًا للماء. **والريش الزغبي** down feather، المبين في **الشكل 14–3**، ريش ناعم موجود تحت الريش المحيطي، ولا يحوي خطافات لربط الأشواك معًا؛ فالتركيب اللين للريش الزغبي يُمكنه حجز الهواء الذي يعمل عمل العازل.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع.

تزييت Preen

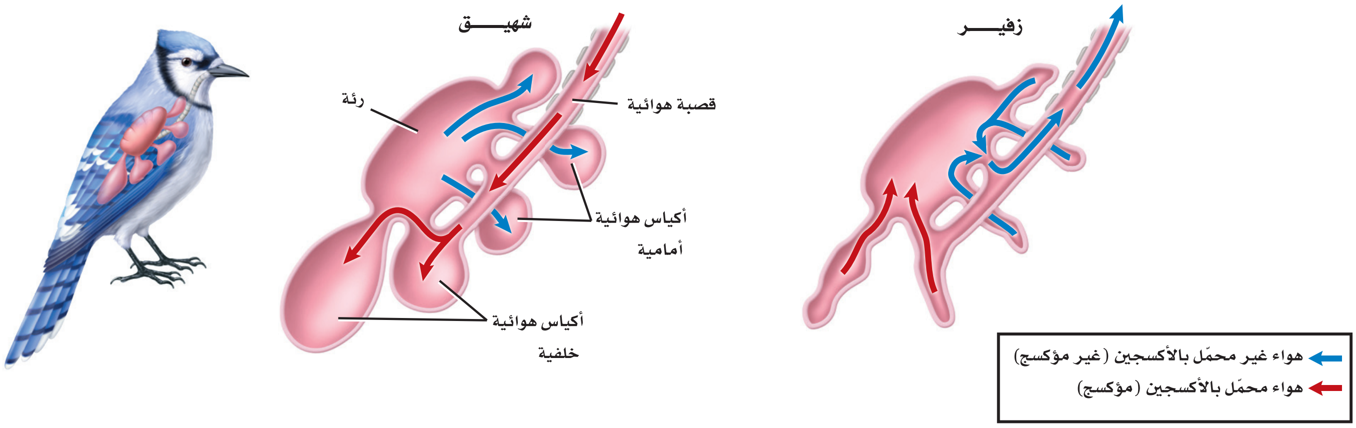
الاستعمال العلمي: الإصلاح والإدامة باستعمال منقار (طائر).

تُزيِّت الطيور ريشها قبل الطيران.

الاستعمال الشّائع: التزييت يعني الدهن بالزيت.

زيَّتَ الشَّعرَ: دهنه بالزيت.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 15–3 عندما يتنفَّس طائر يمر الهواء في اتجاه واحد، بحيث يتم تبادل الغازات بكفاءة عالية.

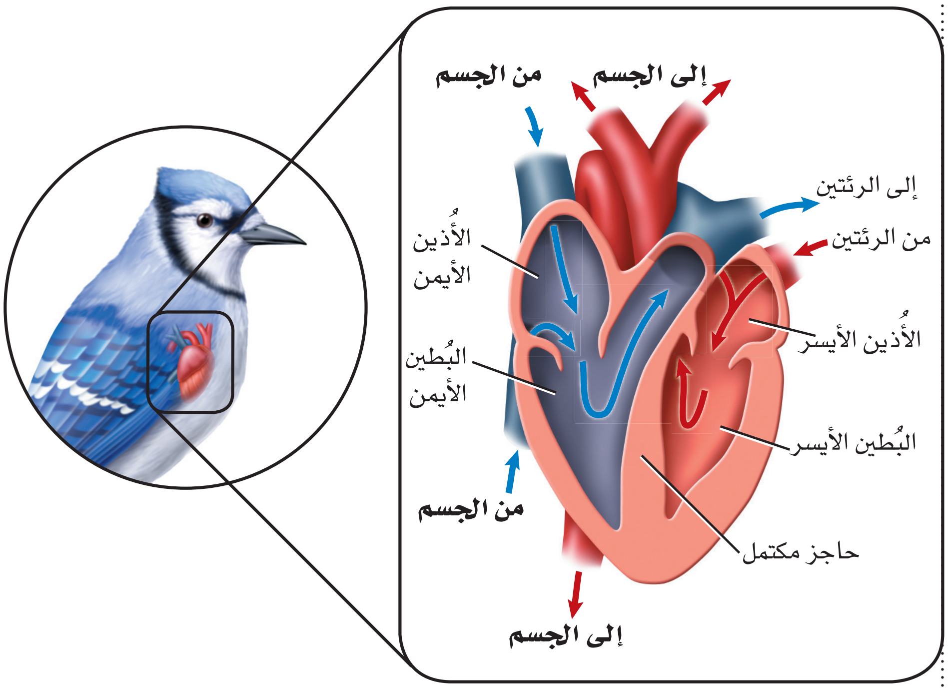
العظام الخفيفة الوزن Light weight bones هناك تكيف آخر للطيور يسمح لها بالطيران، وهو هياكلها القوية الخفيفة الوزن. وعظام الطيور فريدة لأنها تحتوي على تجاويف هوائية. ويبين **الشكل 14–3** التركيبَ الداخلي لعظام طائر. ورغم امتلاء العظام بالهواء فهي قوية. هل سبق أن وجدت عظم الترقوة في قطعة من الدَّجاج أو الديك الرومي؟ تتكوَّن عظمة الترقوة من التحام عظمتين، كما في **الشّكل 14–3**. إن التحام العظام في هيكل الطائر يجعل الهيكل أكثر صلابة. وهذا تكيُّف آخر للطيران. فعضلات الصدر كبيرة، وتُشكِّل نحو 30 % من وزن الطائر الكلي، فتُوفِّر له القوة اللازمة للطيران. وتربط هذه العضلات الجناح بعظم الصَّدر، الذي يُسمى **عظم القصّ** sternum، والمبين في **الشكل 14–3**. وعظم القصّ كبير، وفيه بروز لربط العضلات بعضها مع بعض.

التنفس Respiration تستهلك العضلات المسؤولة عن عملية الطيران كمية كبيرة من الأكسجين. لذا فإن أجهزة التنفُّس في الطيور متكيِّفة جيدًا؛ لتوفر هذه الكمية من الأكسجين. وللطيور حيز للهواء في جهازها التنفسي أكبر من الزواحف، كما أن الهواء يدور في جهازها التنفسي في اتجاه واحد فقط. ويتحرَّك الهواء الغني بالأكسجين في عملية الشهيق عبر القصبة الهوائية إلى **الأكياس الهوائية** air sacs الخلفية، كما هو مبين في **الشكل 15–3**. وفي المقابل يُسحب الهواء الموجود في الوقت نفسه في الجهاز التنفُّسي من الرِّئتين نحو الأكياس الهوائية الأمامية، حيث يحدث تبادل الغازات. أما في عملية الزفير فيُطرد الهواء غير المؤكسج الموجود في الأكياس الهوائية الأمامية من الجهاز التنفُّسي، ويحل محله الهواء المؤكسج الذي يتجه من الأكياس الهوائية الخلفية إلى الرئتين. وأخيرًا يتحرَّك الهواء المؤكسج فقط داخل الرئتين في اتجاه واحد اعتمادًا على اتجاه دوران الدم.

الدوران Circulation تساعد الدورة الدموية الطائر على المحافظة على مستويات عالية من الطاقة، من خلال النقل الفعال للدم المؤكسج إلى أجزاء الجسم. وللطيور قلب بأربع حجرات، كما في **الشكل 16–3**. ووجود بُطينين يُبقي الدم المؤكسج وغير المؤكسج مُنفصلين، ممَّا يجعل توصيل الدم أكثر فاعلية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ويستقبل الأُذين الأيسر الدم من الرئتين، ويضخه إلى البُطين الأيسر، ثم إلى جميع أجزاء الجسم. كما يصل الدم من الجسم إلى الأُذين الأيمن، ثم يتحرك إلى البُطين الأيمن، ومنه إلى الرئتين، حيثُ يحصل على المزيد من الأُكسجين.



■ **الشكل 16–3** للطيور قلب من أربع حُجرات، يُبقي الدم المحمل بالأكسجين والدم غير المحمل بالأكسجين منفصلين أحدهما عن الآخر.

قارن بين قلب الطائر وقلب الزاحف في الشكل 4–3.

التغذية والهضم Feeding and digestion تحتاج الطيور إلى كميَّة كبيرة من الغذاء للمحافظة على معدَّل أيض عالٍ. فعندما تأخذ الطيور الطعام تقوم باستهلاكه من خلال تكيُّفات فريدة في أجهزتها الهضمية، كما في **الشكل 17–3**. وللعديد من الطيور حجرة تخزين تُسمى الحوصلة، توجد أسفل المريء، تخزن فيها الغذاء الذي تبتلعه، ثم يتحرك الطعام من الحوصلة إلى المعدة. والنهاية الخلفية للمعدة ما هي إلا كيس عضلي سميك يُسمى القانصة. وتحوي القانصة عادةً حجارة صغيرة تقوم بطحن الطعام الذي ابتلعه الطائر بمساعدة الأداء العضلي للقانصة. فتُصبح جُزيئات الطعام الصغيرة الناتجة أسهل للهضم. وليس للطيور أسنان، ولا يمكنها مضغ الطعام؛ إذ يتم هضم الطعام وامتصاصه بشكل رئيس في الأمعاء الدقيقة، وتساعد إفرازات البنكرياس والكبد على عملية الهضم.

الإخراج Excretion تُنقي كليتا الطائر الدمَ من الفضلات، وتُحوِّلها إلى حمض البوليك (uric acid)، كما هو الحال في الزواحف. وللطيور مجْمع (مذرق)، يتم فيه إعادة امتصاص الماء من حمض البوليك، **الشكل 17–3**. وليس للطيور مثانة بولية تخزن البول؛ حيث يسبب تخزينه زيادة وزن الطائر خلال الطيران، لذا يُمكن اعتبار عدم وجود مثانة بولية تكيُّفًا للطيران. وتطرح الطيور حمض البوليك في صورة مادة بيضاء طرية.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

تجربة استهلالية

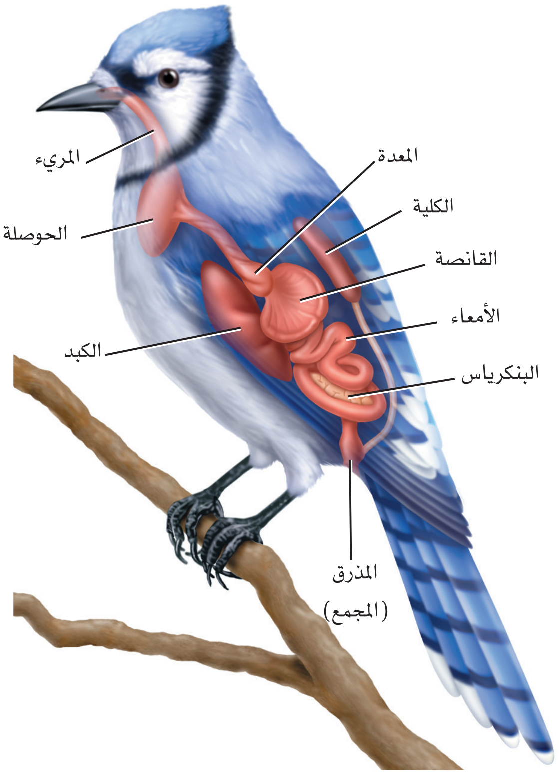
مراجعة: بناءً على ما قرأته عن الزواحف والطيور، كيف يُمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التَّحليل؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

Feeding and Digestion

التَّغذِّي والهضم

الشـــكل 17 – 3 تفحَّص أعضاء الجهاز الهضمي لطائر ما. فبالإضافة إلى وجـــود تكيُّفاتٍ فريدة في أجهزة الطيور الهضمية، فإن لها أيضًا مناقير مُتكيِّفة مع نوع الغذاء الذي تأكله.



تستعمل طيور الرفراف مناقيرها الطويلة والرفيعة والحادَّة لطعن الأسماك والبرمائيات الصغيرة والإمساك بها.

يستعمل البجع منقاره الكيسي لغرف الماء الذي يحوي الأسماك.

يســـتعمل الصقر منقاره الحادّ لتمزيق لحم الفريسة.

لطائر الطَّنّان منقار طويل رفيع لامتصاص الرحيق من الأزهار.

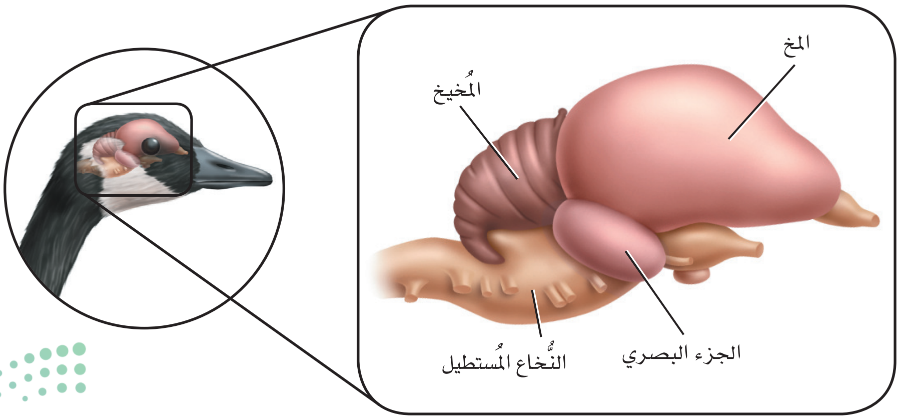
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الدِّماغ والحواس The brain and senses تتميـز أدمغـة الطيور ـ كما في **الشكل 18–3** ـ بأنها كبيرة، مقارنة بحجم الطائر. فالمُخيخ كبير لأنّ الطيور تحتاج إلى تناسُـق الحركة والاتزان في أثناء الطيران. وينسِّق الجزء البصري المعلومات البصرية. وحجم المخ كبير أيضًا لأنه مركز التكامُل الأساسي في الدِّماغ. وتتحكَّم هذه المســاحة من الدماغ في الأكل والتغريد والطيران والسلوك الغريزي، كما أن مســاحة القشرة المخية كبيرة نسبيًّا، وهي مسؤولة عن الذكاء في الطيور. ويتحكَّم النُّخاع المستطيل في الوظائف الإيقاعية، ومنها التنفُّس ودقات القلب.

وللطيور عمومًا بصر حادّ. والطيور المفترسة ـ ومنها البوم، **الشكل 18–3** ـ لديها نظام تركيز عالٍ يمكِّنها من التركيز على فريســة متحرِّكة بشــكل دائم عندما تقوم بالانقضاض عليها لافتراســها. ويعتمد موقع عيون الطائــر في وجهه على بيئته؛ فللطيور المفترســة عيون في مقدِّمة رأسها. وهذا يمكِّنها من تمييز مسافة الهدف؛ لأن كلتا العينين يمكنها أن تركز على الهدف نفســه. وللحمامة عينان على جانبي الــرأس، مما يُمكِّنها من الرؤية بزاوية °360 تقريبًا فــي الفراغ المحيط بها؛ إذ ترى كل عين مناطق مختلفة. وتأكل الحمامــة الحبوب والبذور ولا تفترس، وبصرها متكيف لاكتشاف المفترسات التي يمكن أن تكون قريبة منها. وللطيور أيضًا حاسة سمع جيدة. ويمكن للبوم أن يســمع أدنى صوت لفأر خائف في الليل. فحتى لو هرب الفأر ليختبئ يمكن للبومة أن تُمسك به بتتبُّع صوته فقط.

التكاثُر Reproduction النشــاطات التكاثُرية في الطيور معقَّدة؛ فهي تشــمل تحديد مناطق التكاثر، وتحديد شريك التزاوج، وسلوك المغازلة، والتزاوج، وبناء الأعشاش، وحضن البيض، وإطعام الصِّغار. وخلال فصل التكاثُر يتجمَّع العديد من الطيور في مســتعمرات كبيرة؛ حيثُ تتكاثر وتعتني بصغارها. والإخصاب في الطيور داخلي. وتتكوَّن البيضة الأمنيونية بعد الإخصاب، وتكون مُحاطة بقشــرة صلبة وهي لا تزال في جســم الأم. وبعد تكوُّن القشرة، يتمُّ طرح البيضة أو البيض عن طريق المجمع (المذرق) إلى العش، حيث يحضن الذكر أو الأنثى أو كلاهما البيــض، ويُطعمــان الصغار بعد الفقــس. **والحضانــة** incubation تعني إبقاء الظروف ملائمة لفقس الصغار، وترقد الطيور على البيض لحضنه.

الشكل 18–3
الأيمــن: تبقى عيــون البــوم مركّزة على الفريسة المتحرِّكة في أثناء عملية الانقضاض عليها.
الأيســر: للطيــور مخيخ كبـير يمكِّنها من الاتِّزان والتَّناسُق في أثناء الحركة. ويتحكَّم النُّخاع المُستطيل في العمليات الإيقاعية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تنوُّع الطيور Diversity of Birds

تُقسـم الطُّيور إلى 27 رتبة تقريبًا. وتختلف هذه الرُتب بعضها عن بعض اعتمادًا على الاختلافات التشريحية، والسلوك المحدَّد، والتغريد، والمواطن. ويوضح **الجدول 1-3** أكثر رتب الطيور شيوعًا وبعض تكيُّفاتها. وأكبر رتبة للطيور هي العصافير، وتسمَّى عادةً الطيور الجاثمة أو الطيور المُغرِّدة. وهناك أكثر من 5000 نوع في هذه الرتبة. وللطيور التي لا تطير ـ ومنها النعامة Ostriche والإيمو Emus وطائر الكيوي Kiwis ـ أجنحة صغيرة، أو ليس لها أجنحة على الإطلاق. وطائر الكيوي ـ وهو في حجم الدجاجة ويعيش في نيوزلندا ـ يضع بيضة واحدة كبيرة جدًّا مُقارنة بحجمه. وبعض الطيور ـ ومنها البطريق والإوز والبط ـ تمتاز بتكيّف يسمح لها بالسباحة. وتستعمل البطاريق أجنحتها مجاديف للسباحة عبر الماء، في حين أن للبط والإوز أقدامًا بأغشية تساعدها على السباحة.

بيئة الطيور Ecology of Birds

تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية بوصفها مُفترسات للثدييات الصغيرة، والمفصليات، واللافقاريات الأخرى. ولعلك شاهدت طائرًا يسحب دودة من الأرض. والطيور أيضًا فرائس لطيور أكبر وللثدييات. لذا فإن الطيور مهمة في السلاسل الغذائية بوصفها فريسة داخل النظام البيئي للطيور الكبيرة أو الثدييات.

تجربة 3-1

الطيور المحلية (دراسة مسحية)

ما الطيور التي تعيش في منطقتك؟ يمكن أن يكون هناك طيور متنوِّعة في أي بيئة تقريبًا. استكشف المنطقة حول مدرستك لتقدير الطيور المختلفة التي تعيش هناك.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. قدّر عدد أنواع الطيور المختلفة التي يمكن أن تراها في المنطقة المحيطة بمدرستك، واعمل جدول بيانات لمتابعة الطيور التي تلاحظها.
3. اذهب في رحلة مشي مدَّتها 10 دقائق إلى المنطقة المُجاورة لمدرستك. وتأكَّد من اتباع إرشادات معلمك حول الأماكن المسموح لك بالذَّهاب إليها. وسجِّل معلوماتك عن الطائر الذي تشاهده. واستعمل منظارًا إذا دعت الحاجة. وإذا لم تستطع تعرّف طائر ما فاستعمل **دليلاً ميدانيًّا** مصورًا للطيور المحلية.
4. اجمع نتائجك، وابحث عن الطيور التي شاهدتها.

التَّحليل

1. **عُدَّ** أنواع الطيور التي شاهدتها، وضَعْ قائمة بأنواعها.
2. **حدِّد** ما إذا كانت الطيور التي شاهدتها محلية أم دخيلة.
3. **حلِّل** هل ظهرت أي عينات جديدة عند تجميع البيانات؟
4. **توقع** هل تختلف هذه القائمة لو مسحت المنطقة المحيطة بمنزلك؟ وإذا اختلفت فكيف تختلف؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الجدول 1–3 تنوُّع رتب الطيور

الرتبة	المثال	أفراد الرتبة	الخصائص
العصافير (باسيريفورميس Passeriformes) طيور جاثمة مغرِّدة؛ نحو 5000 نوع.		السُّـمَاني، الدّخـل Warbler، الغـراب، الدُّوري، كاسر الجوز Nuthatch، المُحاكي.	لهذه الرتبة أقدام تمكنها من الجثوم على السيقان الصغيرة والأفرع. والعديد من الطيور في هذه الرتبة تغرِّد. وعضو الصَّوت (الحنجرة) فعّال جدًّا في هذه الطيور. وهناك أنواع أخرى لا تغرِّد ، منها الغربان.
النقاريّات (بيسيفورميس Piciformes) تبني أعشاشها في التَّجاويف والثقوب، نحو 380 نوعًا.		نقّار الخشب، الطوقان Toucans، مرشد العسل Honey guide، اليقمر Jacamars.	لهذه الرتبة مناقير مُتخصِّصة مُرتبطة مع طريقة تغذّيها. وكلها تبني أعشاشًا في التجاويف، كثقب داخل شجرة ميِّتة على سبيل المثال. وللأقدام إصبعان تمتدان إلى الأمام، وإصبعان تمتدان إلى الخلف، وهذا يسمح للطّائر بالتعلق بجذوع الأشجار.
اللقالق (سيكونيفورميس iconiiformes) طيور مائية والعقبان، نحو 90 نوعًا.		الطائر الحزين، الفلامنجو، البلشون، النسور، اللقالق.	يتراوح حجم أفراد هذه الرتبة بين الصغير والكبير؛ ولها رقاب طويلة وأرجل طويلة. ومعظمها طيور جماعية تعيش في مجموعات كبيرة في الأراضي الرَّطبة. والعقبان تشبه اللّقالق إلى حد كبير في أجسامها إلا أنّها رمّية التغذي.
النوئيات (بروسيلاريفورميس rocellariiformes) الطُّيور البحرية، نحو 100 نوع.		القطرس Albatross، المازور Petrel، حلم الماء Shear waters.	هذه الرتبة طيور بحرية. ولديها مناقير معقوفة تساعدها على التغذّي على الأسماك، والحبَّار والقشريات الصغيرة. لديها فتحات تنفسية تشبه الأنبوب، موجودة في أعلى مناقيرها. وللعديد منها أقدام بأغشية.
البطريقيات (سفينيسيفورميس phenisciformes) البطاريق، نحو 17 نوعًا.		البطريق.	البطاريق طيور بحرية تستخدم أجنحتها مجاديف للسباحة عبر المياه، بدلًا من الطيران. وعظام البطريق صلبة، وتخلو من الفراغات الهوائية الموجودة في الطيور الأخرى. وكل أنواع هذه الرتبة موجودة في نصف الكرة الجنوبي.
البومّيات (ستيريجيفورميس Strigiformes) البوم، نحو 135 نوعًا.		البوم	البوم طيور ليلية، لها عيون كبيرة، ومناقير قوية معقوفة، مع مخالب قوية، حادَّة في أقدامها، وتساعدها هذه التكيُّفات على الإمساك بالفريسة. وللعديد منها ريش على أرجلها. ويوجد البوم في جميع أنحاء العالم ما عدا القارات المُتجمِّدة.
النعاميات (ستروثيونيفورميس truthioniformes) لا تطير، نحو 10 أنواع.		النَّعام، الإيمو، الكيوي، الريّة Rheas.	لأعضاء هذه الرتبة أجنحة صغيرة، وهي طيور لا تطير. والنَّعامة أكبر طائر حي؛ إذ يصل طولها إلى أكثر من مترين، وتزن حوالي 130 kg. ويوجد معظم أنواع هذه المجموعة في نصف الكرة الجنوبي.
الأوزيات (أنسيريفورميس Anseriformes) طيور الماء، نحو 150 نوعًا.		الإوز، البط، البجع.	تعيش أفراد هذه الرتبة في بيئة مائية. ولها أقدام غشائية تساعدها على الحركة في الماء. وللعديد منها مناقير دائرية عريضة تستعملها للتغذّي على النباتات المائية، وأحيانًا على القشريات أو الأسماك الصغيرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وتؤدي الطيور أيضًا دورًا مهمًّا في نشر البذور؛ إذ تأكل الطيور البذور أو الثمار، ثم تخرجها بعد هضمها في صورة فضلات في مكان آخر. كذلك تلتصق البذور بريش الطائر، وتتساقط عنه كلما انتقل من مكان إلى آخر. وبعض الطيور ـ ومنها الطيور الطنّانة، تتغذّى على رحيق الأزهار، وتقوم بتلقيحها في أثناء التغذّي على رحيقها.

تدمير الموطن البيئي Habitat destruction العديد من الطيور مهدد بالانقراض؛ لأنَّ مواطنها التي تحتاج إليها تختفي أو تُدمَّر بتأثير المبيدات الحشرية والملوِّثات الكيميائية الأُخرى. وتعتمد جماعات طيور الماء على الأراضي الرَّطبة، وهي مناطق تختفي بسرعة؛ حيثُ يتم تجفيفها للتطوير والبناء. وقد أدَّت إزالة الغابات في منطقة الغابات المطرية إلى تهديد حياة بعض أنواع الطيور أيضًا.

التجارة غير القانونية Illegal trade تتزايد تجارة طيور الزينة غير القانونية. والعديد من طيور الزينة تُربّى في الأقفاص. وقد أدَّى الصيد غير المشروع للطيور، واستخدامها سلعة تدرّ الأموال الكثيرة ـ في بعض الحالات ـ إلى اختفاء طيور نادرة من البرِّيَّة، فلا يوجد طائر المكاو مثلاً، كما في **الشكل 19–3**، إلا في الأقفاص. ولقد أعلنت منظمة الأمم المتحدة (UN) في عام 1975 م عن اتفاقية دولية تهدف إلى حماية أنواع معينة من النباتات والحيوانات (ومنها الطيور) المهددة بالانقراض من الاستغلال التجاري المفرط بعنوان (اتفاقية الاتجار الدولي في أنواع الحيوانات والنباتات البرية المهددة بالانقراض "CITES" انضمت لها المملكة العربية السعودية ممثلةً بالهيئة السعودية للحياة الفطرية في عام 1995 م وقد بلغ عدد الدول الأطراف التي وقعت على هذه الاتفاقية حتى عام 2016 م حوالي 183 دولة.

الشكل 19–3 لم يبق طيور مكاو في البرِّيَّة؛ فلا يوجد إلا نحو 70 من هذه الطيور فقط في الأسر.

الربط مع رؤية 2030

رؤية VISION 2030 المملكة العربية السعودية KINGDOM OF SAUDI ARABIA

مجتمع حيوي

٣. ٤. ٢ حماية وتهيئة المناطق الطبيعية (مثل الشواطئ والجزر والمحميات الطبيعية)

التقويم 2–3

الخلاصة

- للطيور خصائص تجعلها متكيِّفة جيدًا للطيران.
- يمكن للطيور أن تُولِّد حرارة جسمها داخليًّا.
- للطيور عظام خفيفة الوزن.
- شكل منقار الطائر يحدده نوع الغذاء الذي يتناوله.
- للطيور عمومًا بصر حاد.
- تُقسم الطيور إلى 27 رتبة.
- تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية.
- تدمير الموطن والتجارة غير القانونية قد يؤثران في بعض أنواع الطيور.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** خصائص الطيور التي تجعلها متكيِّفة للطيران.
2. **قارن** بين الريش المحيطي والريش الزغبي.
3. **فسِّر** كيف تكيَّف الجهازان التنفسي والدوراني في الطيور للطيران.
4. **قارن** بين التكاثُر في الطيور والزواحف.
5. **صف** كيف تختلف صفات الطيور في رتبة ستريجيفورميس (البوم) عنها في رتبة أنسيريفورميس (الأوزيات – طيور الماء).
6. **صف** دور الطيور في انتشار الغطاء النباتي.

التفكير الناقد

7. **توضيحات علمية** ارسم دماغ طائر، وحدّد عليه الأجزاء المُختلفة في الدِّماغ، ووضح وظيفة كل منها.
8. الكتابة في علم الأحياء تضع معظم الطُّيور البرِّيَّة الصَّغيرة ـ التي تُطعم صغارها ـ ما بين بيضتين إلى 12 بيضة في أعشاشها. وبعض الطُّيور الكبيرة ـ ومنها طائر الماء ـ لدى صغارها القدرة على العناية بنفسها بعد الفقس، ولا يطعمها أبواها. وتضع نحو 20 بيضة في أعشاشها. كوِّن فرضية مُفصَّلة تُفسِّر فيها لماذا تضع بعض أنواع الطُّيور أعدادًا من البيض أقل من الأنواع الأُخرى.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

إثراء علمي علم الأحياء والمجتمع

الأنواع الدخيلة في البيئة

مـاذا يحدث عندما يشتري مالكو الحيوانـات الأليفة صغيرَ أفعى بورمـا العاصرة، ثم يُقـرِّرون بعد أن يصل طول الأفعى إلى 4-5 m أنَّهم لا يستطيعون العناية بها؟ إن أصحاب هذه الأفاعي الضَّخمة يُلقون بها في المروج الخضراء. وتعد الأفعى العاصرة عدوانية؛ فهي تُسـبِّب مشـكلات في المروج الخضراء. وتسبِّب أنواعٌ عدوانية أُخرى مشـكلات لبيئتها المُضيفة في مناطق مُختلفة من العالم.

ما الأنـواع الدخيـلة (الغازيـة)؟ الأنـواع الدخيلة (الغازية) هـي مخلوقات تـمَّ إدخالها من قِبَل البشـر إلى مناطق لا تعيـش فيها أصلاً، وهـي تتكاثر بنجاح، وتُحدث فـي النظام البيئـي أضرارًا ومشـكلات بيئية أو اقتصاديـة أو اجتماعيـة أو صحية. ومـن أبرز هذه القضايـا تحوّلـها إلى آفـات أحيائية تتنافس بشراسـة مع الأنواع المحليـة المتوطنة، وتحدّ من انتشـارها أو القضاء عليهـا أو جلب الأمراض إليهـا، مما يهدد قيام الأنظمة البيئيـة بوظائفها في دعم الحيـاة. ومن الأنواع الدخيلة علـى البيئة في المملكة العربية السـعودية طائر مينة الضفاف (الاسـم الإنجليـزي Bank mynah)، وهو من الطيور الدخيلة على المملكة العربية السـعودية، حيث تم جلبه من جمهورية باكستان الإسلامية بهـدف تربيته للزينة، ثم أطلق من الأقفاص. وهو الآن منتشر في منطقة الرياض، ويقتات على الحشرات والفواكه.

ومـن الأنواع الدخيلـة أيضًا الغراب الهنـدي المنزلي (الاسم العلمي *Corvus splendens* والاسم الإنجليـزي Indian House Crow)، والغـراب البنـي الرقبـة أو الغراب النوحـي (الاسم العلمي *Corvus ruficollis*، الاسم الإنجليزي Brown-necked Raven).

الغراب الهندي أحد الأنواع الدخيلة على بيئتنا المحلية

ما الخسـائر التي تسـبِّبُها الأنواع العدوانية؟ يمكن للأنواع الدخيلة أن تسـبِّب خسـائر مالية كبيرة سـنويًّا للمحاصيل الزِّراعية والأراضي الخضراء. ووجود الأنواع الدخيلة يُعد ثاني سبب رئيس لتهديد الأنواع وانقراضها. ويمكن لأنواع النباتات الدخيلة أن تهدد جماعات الطيور مـن خلال فقدان الموطـن في أراضي التكاثر أو الأراضي التي تقضي فيها فصل الشتاء. وقد تفترس أنواع الحيوانات الدخيلة حيوانات أصيلة في منطقة ما. ويشـكّل التَّنافُس على المكان والفرائس عاملًا أساسـيًّا في اكتسـاح الأنواع الدخيلة للأنواع الأصيلة.

الحلول يُمكن التَّحكُّم في الأنواع الدخيلة بعدَّة طرائق، منها القوانين، وعدم السماح بدخول المخلوقات الحية الدخيلة. ويدرس العلماء باسـتمرار الأنواع الدخيـلة لكي يفهموا طرائق السَّيطرة على انتشـارها، ودورة حياتها، وسلوكها. ويمكن أن تُساعد قوانين وأنظمة متعلقة بالمشكلات البيئية على تحسين الظُّروف المرتبطة مع الأنواع الدخيلة أيضًا.

مشاركة المجتمع المحلي

كتابة تقرير اكتب تقريرًا عن أحد أنواع الحيوانات الدخيلة في منطقتك، وشارك مدارس منطقتك نتائج التقرير بالتعاون مع معلمك. على أن يكون التقرير موجهًا إلى طلاب المدارس الابتدائية فـي منطقتك. وتأكَّد من أنَّك قد شـاركت طلاب المدارس في هذا النشاط.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

صمم بنفسك

مختبر الأحياء

كيف يمكنك عمل نموذج لبيئة الزواحف والطيور؟

الخلفية النظرية: اطلب إلى طلاب صفِّك أن يساعدوك على التَّخطيط لعمل معرض جديد لحديقة حيوانات يتعلق بتكيفات الطُّيور والزَّواحف. وسوف تبحث في هذا المختبر عن أنواع مختلفة من الطُّيور والزَّواحف لتفهم كيف تكيَّفت تراكيب أجسامها مع البيئات المتنوعة ومصادر الغذاء المختلفة. وستستعمل هذه المعلومات لعمل نموذج لبيئة يمكن أن تعيش فيها الطُّيور والزَّواحف في حديقة الحيوان.

سؤال: *كيف يُمكنك عمل نموذج لبيئة ما بالاعتماد على ما تعرفه عن تكيُّفات المخلوق مع بيئته؟*

المواد والأدوات

- دليل ميداني للطيور والزَّواحف.
- رمل.
- تربة .
- قطع ورق مُقوى.
- صندوق ورق مُقوى.
- قطع خشبية.
- عيدان أسنان.
- صمغ.
- مقص.
- أقلام تلوين.
- فاصولياء جافة.
- حجارة/ حصى.
- قطع لباد/ فلين.

احتياطات السَّلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر أحد أنواع الزَّواحف وأحد أنواع الطُّيور، وابحث عن تكيُّفات كل نوع، ومعلومات عن البيئة التي يعيش فيها، والطَّعام الذي يتغذّى عليه وسلوكه. وابحث أيضًا عن دور تركيب الجسم والسلوك بوصفهما من الميزات التنافسية في البيئة التي تعيش فيها هذه المخلوقات.
3. استعمل المعلومات التي جمعتها لعمل وصف مُفصَّل للبيئة التي يجب بناؤها في المعرض لكل طائر وزاحف قمت بالبحث عنه.
4. تأكّد من موافقة المعلم على خطّتك قبل المضيّ فيها.
5. استعمل المواد المُتوافرة لعمل نموذج لكلٍّ من بيئة الزَّاحف وبيئة الطَّائر اللذين اخترتهما والتي تمكّنهما من العيش في حديقة الحيوانات.
6. اعرض النموذجين على الصف، ثم فسّرهما.

حلِّل ثم استنتج

1. **صف** كيف أدّت الاختلافات بين الطُّيور والزَّواحف إلى اختلافات في النّماذج التي عملتها لكل بيئة.
2. **حدّد** جوانب الضعف في نموذجك. وهل يدعم نموذجك حاجات كل نوع؟ وما التعديلات التي أضفتها إلى نماذجك؟
3. **صف** كيف أنّ تراكيب المخلوقات الحية وسلوكها تُعد من المميزات التنافسية في بيئاتها.

الكتابة في علم الأحياء

نشرة للمنزل اكتب نشرة ووضحها بالرسوم؛ لتمكّن النّاس الذين يزورون معرضك أن يأخذوا نسخة منها إلى منازلهم. وضمّنها معلومات عن الحيوانات الموجودة في المعرض، وتوضيحات لبيئاتها الطَّبيعية.

دليل مراجعة الفصل

المطويات **استنتج** ليس للأسماك والبرمائيات بيوض أمنيونية. لماذا؟ صف هذه الأسباب على ظهر المطوية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1 – 3 الزَّواحف	
الغشاء الرهلي (الأمنيون) البيضة الرهلية (الأمنيونية) الطاقة ATP (أدينوسين ثلاثي الفوسفات) عضو جاكوبسون درع الظهر درع البطن	**الفكرة الرئيسة** **خلق الله سبحانه وتعالى للزواحف تكيفات مكّنتها من العيش على اليابسة.** • وهب الله للزَّواحف عدة أنواع من التَّكيُّفات التي مكّنتها من العيش على اليابسة. • تكيّف بيض الزَّواحف للنمو والعيش على اليابسة. • تُقسم الزَّواحف إلى أربع رتب هي: الحرشفيات، والتمساحيات، والسلحفيات، وخطمية الرأس. • الزَّواحف مخلوقات أمنيونية. والعديد من الزَّواحف ـ ومنها الديناصورات ـ قد انقرضت.
2 – 3 الطُّيور	
ثابتة درجة الحرارة الريش الريش المحيطي (الكفافي) الغدَّة الزيتية الريش الزغبي عظم القص كيس الهواء الحضانة	**الفكرة الرئيسة** **وهب الخالق جل وعلا للطُّيور ريشًا وأجنحة وعظامًا خفيفة الوزن وتكيُّفات أخرى تسمح لها بالطيران.** • للطُّيور خصائص تجعلها مُتكيِّفة جيدًا للطيران. • يمكن للطُّيور أن تُولِّد حرارة جسمها داخليًّا. • للطُّيور عظام خفيفة الوزن. • شكل منقار الطَّائر يحدده نوع الغذاء الذي يتناوله. • للطُّيور عمومًا بصر حاد. • تُقسم الطُّيور إلى 27 رتبة. • تؤدي الطيور دورًا مهمًّا في السلاسل الغذائية. • تدمير الموطن والتِّجارة غير القانونية قد يؤثران في بعض أنواع الطُّيور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 3 التقويم

3-1

مراجعة المفردات

استبدل المفردات التي تحتها خط بكلمات أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصحيح العبارات الآتية:

1. توجد عدّة أغشية داخل الدرع الظهرية.
2. الجزء البطني في درع السُّلحفاة يسمى عضو جاكوبسون.
3. الدرع السفلية مسؤولة عن حاسة الشَّم في الأفاعي.
4. الجزء الظَّهري لدرع السُّلحفاة يُسمى البيضة الأمنيونية.

تثبيت المفاهيم الرّئيسة

5. أيّ مما يأتي ليس من الزَّواحف؟

a.

b.

c.

d.

6. أيّ الجمل الآتية خاطئة فيما يتعلق بتنفس الزواحف؟
   a. تستعمل معظم الزَّواحف الرِّئات لتبادل الغازات.
   b. في عملية الشهيق تنبسط عضلات القفص الصَّدري في الزواحف.
   c. في عملية الزفير تنبسط عضلة جدار الجسم في الزواحف.
   d. لرئات الزَّواحف مساحة سطح أكبر من تلك التي في البرمائيات.

7. أيّ تراكيب الزَّواحف الآتية يوجد فيها حمض البوليك؟
   a. الرِّئتان. b. المجْمع.
   c. القلب. d. المعدة.

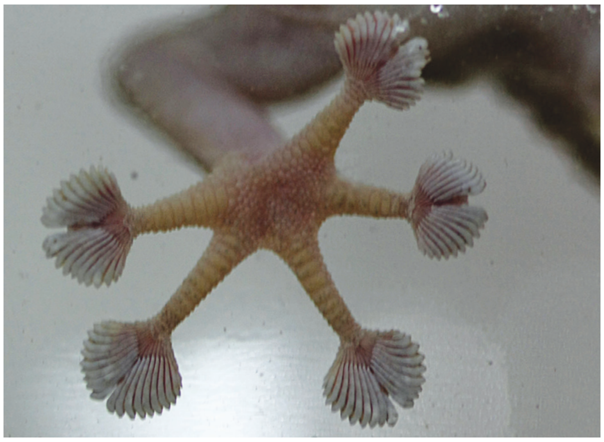
أسئلة بنائية

8. **نهاية مفتوحة.** اعمل جدولًا يوضِّح التَّراكيب الآتية ووظائفها، وتشابهها مع أداة صنعَها الإنسان: الأمنيون، البُطين، المثانة، عضو جاكوبسون، الدرع الظهرية والدرع البطنية في السُّلحفاة، الكليتين.

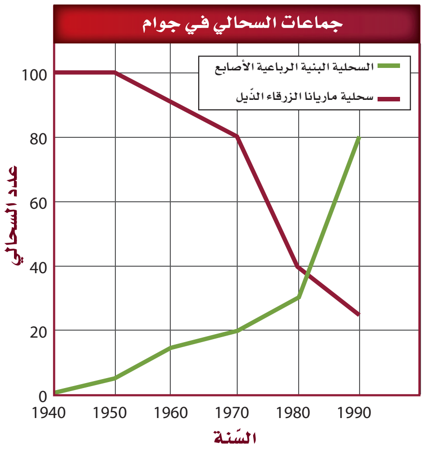
9. **نهاية مفتوحة.** اعمل مفتاحًا ثنائي التفرُّع يمكن أن يساعد الشَّخص الذي يدرس حيوانًا زاحفًا على تحديد رتبته.

التفكير النّاقد

10. **تطبيق المفاهيم.** أرجل أبي بريص (الوزَغة) مُغطّاة بالملايين من التَّراكيب التي تُشبه الشَّعر قد تلتصق بالسطوح، وعندما تُلامس سطحًا ما يحدث تجاذب بين الجُزيئات، فتلتصق أقدام أبي بريص على ذلك السَّطح. وهذه التَّراكيب قد تدعم حتى 400 ضعف وزن جسم أبي بريص تقريبًا. فكيف يُمكن للعلماء أن يستعملوا طريقة التصاق أرجل أبي بريص بالسطوح في عمل أداة يُمكن أن تكون مُفيدة للبشر؟



استعمل الرَّسم الآتي للإجابة عن السؤالين 11 و 12. لقد أُدخلت السحالي البُنِّية الرُّباعية الأصابع إلى جزيرة جوام في المُحيط الهادئ في بدايات عام 1950م.



11. حلِّل البيانات. كيف تغيَّرت أعداد جماعات السحلية البُنِّية الرُباعية الأصابع وسحلية ماريانا ذات الذَّيل الأزرق منذ عام 1950م؟

12. كوِّن فرضية مفصلة تُفسِّر التَّناقُص في أعداد جماعات سحلية ماريانا الزرقاء الذَّيل.

13. قارن. بين جهاز الدوران في الزَّواحف والبرمائيات؟

14. وضِّح. اعمل مخططًا يُبيِّن كيف أثَّر فقدان البيئات وإدخال الأنواع الدَّخيلة في جماعة أفعى الغرطر.

3-2

مراجعة المفردات

فسِّر العلاقة بين المفردات الآتية:

15. الثابتة درجة الحرارة، الرِّيش الزغبي.

16. الرِّيش المحيطي، الرِّيش الزغبي.

17. الغدة الزيتية، الرِّيش المحيطي.

18. عظم القص، كيس الهواء.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

19. أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بالطيور؟

a. قلبها مكون من ثلاث حجرات.

b. عظامها خفيفة الوزن لأنها تحتوي تجاويف هوائية.

c. لها مثانة بولية.

d. الطيور حيوانات متغيرة درجة الحرارة.

20. أيّ مصطلح مما يأتي لا ينتمي إلى المصطلحات الأخرى في كل مجموعة مما يأتي؟

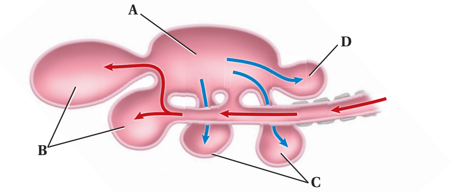
a. البُطين، الأُذين، الدم المؤكسج، الدم غير المؤكسج.

b. الكلية، الفضلات النيتروجينية، حمض البوليك، المجمع (المذرق).

c. المُخيخ، المُخ، الأجزاء البصرية، النُّخاع.

d. البيضة الأمنيونية، المذرق، الكلية، الأمنيون.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 21.



21. أيّ التَّراكيب الآتية يدخل إليها الهواء المؤكسج في أثناء عملية الشهيق في الطائر؟

a. A
b. B
c. C
d. D

22. تنتمي الكلية والمجمع إلى الجهاز:

a. الإخراجي.
b. العصبي.
c. الهضمي.
d. التَّكاثُري.

23. ما نوع المنقار الذي يحتاج إليه طائر يتغذَّى على نباتات مائية؟

a. واسع وعريض.

b. كبير وعلى شكل مغرفة.

c. حاد ومعقوف.

d. طويل، رفيع، ومُدبَّب.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة بنائية

24. مهن مرتبطة مع علم الأحياء. وضع علماء الطُّيور فرضية مفادها أنَّ الذَّاكرة الطويلة الأمد لبعض الطُّيور المهاجرة تكون أفضل منها في الطُّيور غير المهاجرة. ولاختبار هذه الفرضية زُينت غرفتان؛ واحدة بنبات اللبلاب والأُخرى بنبات الخُبيزة. ووضع طعام في غرفة واحدة فقط. وسُمح لطيور مُهاجرة وأخرى غير مهاجرة باستكشاف كلتا الغرفتين من دون وجود الغذاء. وبعد عام سُمح للطيور نفسها باستكشاف الغرفتين. وقد استغرقت الطيور المُهاجرة في اكتشاف الغرفة التي احتوت على الغذاء فترة أطول من الطيور غير المهاجرة. صُغ استنتاجًا عن الذَّاكرة الطويلة الأمد في هذه الطُّيور.

التفكير النّاقد

25. كوِّن فرضية. تُغرِّد الطُّيور غالبًا عند الفجر. ويعتقد العلماء أنَّ الطُّيور تعلن عن حدود مناطقها أو تعلن عن مكانها لأي شريك تزاوج مُحتمل. وقد اكتشف علماء الأحياء أيضًا أنَّه كلما كانت عينا الطَّائر أوسع غرّد أبكر. كوِّن فرضية عن العلاقة بين العين والتَّغريد المبكر عند الطُّيور.

26. استنتج. عرف علماء الأحياء أنَّ صغار الطُّيور تلفّ أجسامها داخل أعشاشها. استنتج أهمية هذا الالتفاف لأجسام الطيور.

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السؤال 27.

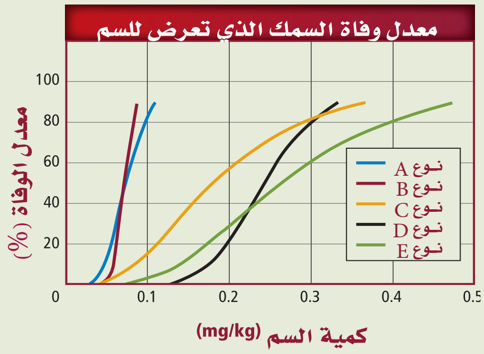
27. استنتج. ما نوع الطَّعام الذي يأكله هذا الطَّائر؟ وكيف يستعمل منقاره خلال التَّغذية؟

تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء اكتب مُلخَّصًا حول الدراسة المسحية في **التجربة 1-2**، وسجّل أنواع الطيور التي حدّدتها، وعدّدها.

أسئلة المستندات

لأفاعي البحر الخضراء سمّ قويّ جدًّا تحقِنه داخل الفريسة. وفي العديد من الحالات يشلّ السُّم العضلات التي تضخ الماء عبر خياشيم السَّمك. ويُظهر الرَّسم البياني مُعدَّلات الوفاة لخمسة أنواع من الأسماك أُعطيت جُرعات مُختلفة من سم استُخلص من أفعى بحر خضراء.



استخدم الرسم البياني السابق في الإجابة على السؤالين 29–30

29. أيّ أنواع الأسماك أكثر تأثرًا بالسُّم، وأيها أقل تأثُّرًا؟ فسِّر كيف عرفت ذلك؟

30. لنوع السَّمك الأقل تأثُّرًا بالسُّم المقدرة على التنفُّس من خلال جلده، بالإضافة إلى الخياشيم. لماذا تُعد هذه الصفة مُهمَّة للنَّجاة من سمِّ أفعى البحر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

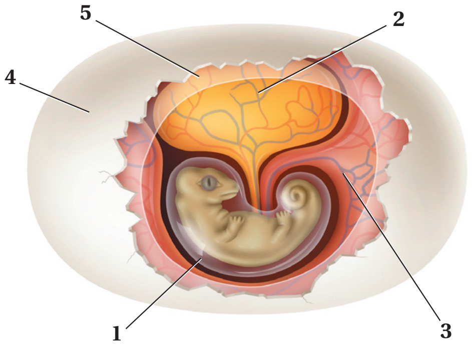
اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

.1 أيّ الخصائص الآتية استخدمت في تقسيم الديناصورات إلى مجموعتين؟

.a تركيب عظام الورك
.b تركيب الجمجمة والفكوك
.c ثابتة درجة الحرارة أم متغيرة درجة الحرارة
.d آكلة أعشاب أم آكلة لحوم

استعمل الشَّكل الآتي للإجابة عن السؤالين 2 و3.



.2 أيّ الأرقام الآتية تمثل الغشاء المملوء بالسَّائل الذي يمنع الجنين من الجفاف ويحميه؟

.a 1 **.b** 2
.c 4 **.d** 5

.3 أيّ الأرقام الآتية تمثل مصدر الغذاء الرَّئيس لجنين الزَّاحف المبين في الشكل؟

.a 1 **.b** 2
.c 3 **.d** 4

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السؤال 4.

الصَّف	المجموعة	بعض مكوّنات الجهاز الهضمي
1	البرمائيات	لها قانصة، معدة، أمعاء
2	الزَّواحف	لها حوصلة، أمعاء دقيقة وغليظة
3	الطُّيور	لها حوصلة، قانصة، أمعاء
4	الأسماك	لها مثانة عوم، قانصة، أمعاء

.4 أيّ صفّ في الجدول أعلاه يحتوي معلومات صحيحة عن الجهاز الهضمي؟

.a 1 **.b** 2
.c 3 **.d** 4

.5 يوصف دماغ الطيور بأنه:

.a نخاع مستطيل كبير للرؤية.
.b مخ كبير لضبط عمليتي التنفس والهضم.
.c مخيخ كبير لتنسيق الحركة وحفظ والتوازن.
.d قشرة دماغ كبيرة للتحكم في الطيران.

.6 أيّ العبارات الآتية صحيحة فيما يتعلق بجهاز الدوران في السلاحف؟

.a دورتان دمويتان مغلقتان، وقلب مكون من أربع حجرات.
.b دورتان دمويتان مغلقتان ، وقلب مكون من ثلاث حجرات.
.c دورة دموية واحدة مغلقة، وقلب مكون من ثلاث حجرات.
.d دورة دموية واحدة مغلقة ، وقلب مكون من حجرتين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

7. صف كيف تنظِّم الزَّواحف درجة حرارة أجسامها؟

8. فسِّر لماذا تحتاج الطُّيور إلى جهاز تنفُّس فعَّال؟

9. اذكر التَّغيُّرات التي يمر بها أبو ذُنيبة قبل أن يصل إلى مرحلة الضفدع المكتمل النمو.

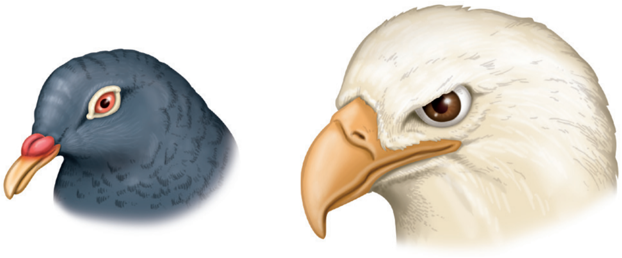
10. قارِن بين نوعي ريش الطُّيور.

11. كوِّن فرضية تجيب فيها عن سبب وجود أنواع مختلفة وكثيرة من الطُّيور.

أسئلة الإجابات المفتوحة

12. قوّم كيف تكيَّف هيكل الطائر العظمي للطَّيران؟

استخدم الشكل الآتي لتجيب عن السؤالين 13 و14.



13. قوّم مــا الوظيفة التي يؤديها موقــع العيون في هذين الطائرين؟

14. فسّر كيف يعطي المنقار في هذين الطائرين دليلاً على طبيعة غذاءيهما؟

أسئلة مقالية

يقوم الأبوان في معظم أنواع الطَّيور برعاية الصَّغير؛ حيث يتزاوج الأبوان في موسم التَّزاوج ويُربيان صغارهما. وفي بعــض أنواع الطّيور يبني أحد الأبويــن العش، ثمَّ يجذب شريكًا للتزاوج. وفي أنواع أُخرى من الطُّيور يقوم الأبوان ببناء العش معًا. ويتناوبان على حراســة البيض وحضانته. وعندما يفقس الصغار يُحضر الوالدان غذاءً يُشبه ما ستأكله الطُّيور اليافعة عندما تُصبح بالغة، وتستمر هذه العناية إلى أن تُصبح الصِّغار مُســتعدة للطَّيران بعيدًا عن العش. وبعد مغادرتها العش، تصبح الطُّيور اليافعة مســتقلة، ونادرًا ما يكون لها أي اتصال مع والديها.

أجب عن السُّؤال الآتي بأسلوب مقالي مستعينًا بالمعلومات الواردة في الفقرة السَّابقة:

15. يقوم الأبوان كلاهما في الطُّيور بالعناية بالصِّغار. أمّا في الثَّدييات فتقــوم الأم غالبًا بتربية الصِّغار وحدها. اقترح فرضية تُفسِّر فيها لماذا يقوم الأبوان في الطيور بالعناية بالصِّغــار، في حين تقوم الأم فــي الثَّدييات بذلك. وناقش كيف يمكن اختبار هذه الفرضية.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1
الدرس / الفصل	3–1	3–1	3–1	3–2	3–2	3–1	3–1	3–2	3–1	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2	3–2
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

الفصل 4

الثَّدييات
Mammals

الفكرة العامة ميز الله سبحانه وتعالى الثدييات بمجموعة من التكيفات المتنوعة للمحافظة على اتزانها الداخلي والعيش في البيئات المختلفة.

1 - 4 خصائص الثدييات

الفكرة الرئيسة للثَّدييات خاصيتان مميزتان، هما: الشَّعر والغُدد اللبنية.

2 - 4 تنوُّع الثَّدييّات

الفكرة الرئيسة تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثرها.

حقائق في علم الأحياء

- الشَّعر الذي يغطي جسم الغزال يحوي فراغات، مما يُساعد على عزل جسمه من البرد، وكذلك يبقيه طافيًا عندما يتحرك عبر الماء.
- شعر الدب القطبي شفاف ولا لون له. وتبدو الدببة بيضاء لأنَّ الشّعر المُجوّف يعكس الضوء ويشتته.
- لبعض الثَّعالب الحمراء فرو أسود، أو فرو فضِّيّ، ولبعضها في حالات نادرة فرو مرقط باللونين الأسود والفضي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما المخلوق الثديي؟

إنَّك ترى الثَّدييات كل يوم، ومنهـا الأغنام التّي ترعى، والجمال في الصحراء، والنـاس الذين تعيش معهم. ما الخصائص المشتركة بين هذه الثدييات؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التَّجارب العملية.
2. تفحَّص **عينـات أو صـورًا للثَّدييـات**، ومن ذلك الثَّعلب الأحمر المبيّن في الصفحة المُقابلة.
3. حدد الخصائص التي تشترك فيها الثَّدييات الظاهرة في الصُّور.
4. صمِّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.

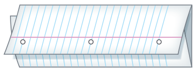
التَّحليل

1. **استنتج** وظيفة كل خاصية طبيعية تشترك فيها الثَّدييات.
2. **صف** مدى التنوُّع الكبير في خصائص الثَّدييات وسلوكها، مُستخدمًا الصور، وكذلك خبراتك مع الثدييات الأُخرى.
3. **استنتج** كيف استخدم العلماء خصائص الثدييات المختلفة لتصنيفها في تحت طوائف مُحدَّدة.

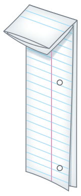
المطويات
منظمات الأفكار

تحت طوائف الثدييات اعمل المطوية الآتية لمساعدتك على مقارنة خصائص الثدييات في كل تحت طائفة.

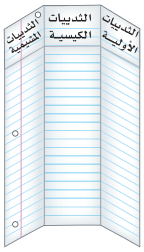
الخطوة 1: اطـوِ ورقة إلى ثلاثة أجزاء متسـاوية كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الورقة من أعلى بمقدار 2.5 cm إلى أسفل، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: افتـح المطوية، وارسـم خطوطًا على طول الطَّيـة العلوية. وعنون كل لسـان بالعناويـن التالية: الثدييات الأولية، الثدييات الكيسية، الثدييات المشيمية. كما في الشكل الآتي:



المطويات **استخدم هذه المطوية في القسم 2-4**. عندما تقرأ هذا القسم سجِّل ما تعلّمته عن صفات الثَّدييات في كل تحت طائفة، واستعمل هذه المعلومات لتقارن بين أفراد كل مجموعة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

4-1

الأهداف

- **تحدّد** خصائص الثَّدييات.
- **تصف** كيف تحافظ الثَّدييات على درجة حرارة ثابتة للوصول إلى الاتزان الداخلي.
- **تميّز** بين التَّنفُّس في الثَّدييات والتَّنفّس في الفقاريات الأخرى.

مراجعة المفردات

ثابتة درجة الحرارة Endotherms: مخلوقات تولّد حرارة جسمها داخليًّا من خلال العمليات الأيضية الخاصة بها.

المفردات الجديدة

الغدة اللبنية
الغدَّة
معدَّل الأيض
الحجاب الحاجز
القشرة المخية
المخيخ
الرحم
المشيمة
الحمل

خصائص الثدييات

Mammalian Characteristics

الفكرة الرئيسة **للثَّدييات خاصيّتان مميزتان، هما: الشَّعر، والغدد اللبنية.**

الربط مع الحياة فكِّر في الخصائص المميزة لطوائف الفقاريات الأخرى التي سبق أن درستها. بيِّن كيف تختلف الثدييات عن مخلوقات الطَّوائف الأُخرى؛ فخصائص الثدييات تساعدها على أداء نشاطاتها اليومية المختلفة.

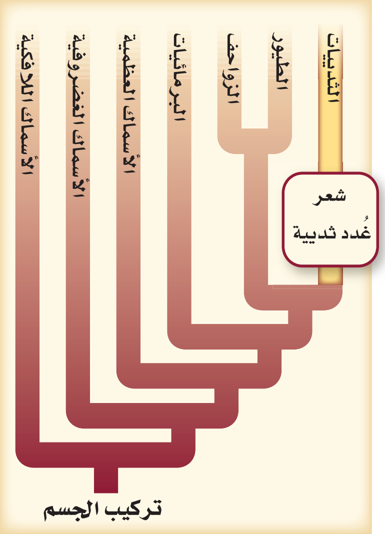
الشَّعر والغدد اللبنية Hair and Mammary Glands

تتميز أفراد طائفة الثَّدييات عن الفقاريات الأُخرى بخاصِّيتين مهمتين، هما الشَّعر والغدد اللبنية. تُنتج **الغُدد اللبنية** mammary glands الحليب، وتفرزه ليُغذِّي الصَّغير النَّامي. أما الشعر فهو يغطي أجسام الثَّدييات. وكما ترى في مخطط العلاقات التركيبية، المبين في **الشكل 1–4**، فإن للثَّدييات تفرعًا خاصًّا بها يسمى تفرع الشَّعر والغُدد اللبنية.

وظائف الشَّعر Functions of hair يؤدّي شَعر الثَّدييات عدَّة وظائف، هي:

1. العزل: العزل ضدّ البرودة من أهم وظائف الشَّعر؛ حيث تستفيد الثدييات من فرائها أو أشعارها في المحافظة على حرارة أجسامها، ومنع فقدانها.
2. التخفّي: تسمح فراء الثدييات أو أشعارها بالانسجام مع تنوع بيئاتها.
3. الإحساس: في بعض الحالات يتحوَّر الشَّعر إلى شاربين. الفُقمة مثلًا تستعمل شواربها الموجودة على أنفها لتتبُّع الفريسة في ظُلمة الماء من خلال الإحساس بتغيُّرات الماء التي تحدث عندما تمر سمكة بالقرب منها.
4. مُقاومة الماء: لعلك تعرف مدى البرودة التي تشعر بها عندما تخرج من بركة السِّباحة في يوم حار. فعندما يتبخَّر الماء عن جلدك يفقد جسمك الحرارة. العديد من المخلوقات المائية ـ ومنها ثعلب الماء المبين في **الشكل 2–4** ـ لها شعر يمنع وصول الماء إلى جلدها، وهذا يُساعدها على المحافظة على درجة حرارة أجسامها.

الشكل 1–4 الشَّعر والغدد اللبنية صفتان تُميِّزان الثَّدييات من الفقاريات الأخرى.



الشكل 2–4 الشَّعر الذي يُغطِّي جسم ثعلب الماء يُساعده على منع وصول الماء إلى جلده.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الدِّفاع

التواصل

■ الشكل 3–4
اليمين: إبر النيص شعر مُتحوِّر، تحميه من المُفترسات.
اليسار: يستعمل الشَّعر الأبيض على ذيول هذه الغـزلان في تنبيه باقي أفـراد القطيع للهرب من المُفترسات.

5. التواصل: يُمكن للشَّـعر أن يُسـتعمل أداة للتواصل؛ فالغـزلان ذات الذَّيل الأبيض ـ المبينة في **الشكل 3–4** ـ ترفع ذيولها لتظهر المنطقة البيضاء أسفل الذيل، عندما تهرب لكي تلحق بها الغزلان الأخرى.

6. الدِّفاع: يُمكن للشَّـعر أن يستعمل أداة دفاع ضد المُفترسات؛ فللنيص المبين في **الشكل 3–4** إبر حادَّة ـ وهي شـعر مُتحوِّر ـ تنفصل بسهولة عندما يهدده مخلوق مُفترس آخر، فتلتصق الإبر بالمُفترسات التي تلمسه، وتطعنها.

تركيب الشَّعر Structure of hair يحتوي الشَّعر في الثدييات على بروتين ليفيٍّ قاسٍ يُسـمَّى الكيراتين. وهو بروتين يدخل أيضًا فـي تكوين الأظفار والمخالب والحوافر. تتكوَّن طبقة الشعر غالبًا من نوعين من الشَّعر: شعر طويل يحمي شعرًا قصيرًا كثيفًا عازلًا تحته. ويُوفِّر الهواء المحصور في طبقة الشَّعر السفلية القصيرة الكثيفة عزلًا ضدّ البرودة، ويحافظ على درجة حرارة الجسم.

ماذا قرأت؟ فسِّر ما أهمية الشَّعر للثدييات؟

الغدد Glands تفرز الغدد أنواعًا مختلفة من السَّـوائل تسـاعد على تنظيم البيئة الدَّاخلية للثَّدييات. **الغُدَّة** gland مجموعة من الخلايا تُفرز سـائلاً يُسـتعمل في مكان آخر من الجسـم. وتسـاعد الغدد العرَقية على المحافظة على درجة حرارة الجسـم. وتُنتج الغدد اللبنية الحليب الذي يُغذِّي الصغار. يحتوي الحليب على الماء والكربوهيدرات على شكل سـكر لاكتوز ودهون وبروتين. وتختلف نسبة هذه المواد من نوع إلى آخر من الحليب.

تتنوَّع نسب المواد الغذائية بشـكل كبير في الأنواع المختلفة من الثَّدييات. فعلى سـبيل المثال، يتنوَّع معدل الدُّهون (الدسم) من 1 – 50%؛ حيث يحتوي حليب الثَّدييات المائية التي تسـتعمل طبقة من الدُّهن لتحافظ على حرارة جسمها ـ على أعلى كمية من الدُّهون (الدسم).

تُفرز غُدد الرَّائحة مواد تسـتعملها الثَّدييات لتحديد مناطقها، أو لتجذب شـريك التزاوج. وتحافظ الغدد الدهنية في الجلد على جودة وسـلامة شـعر المخلوق وجلده، في حين تُنتج غدد أُخرى هرمونات تنظِّم العمليات الدَّاخلية، ومنها النُّمو وإطلاق البيوض من المبايض.

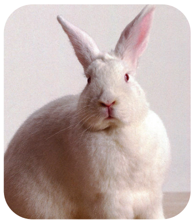
تجربة علمية
ما أفضل طريقة للمحافظة على دفء الأجسام؟
ارجع لدليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

إرشادات الدراسة

توقُّع راجع هـذا القسـم بالنَّظر إلى العناويـن الملوَّنـة والصُّـور، وتوقَّـع الخصائص المُميِّزة للثدييات، ثم استعن بالعناوين والصُّور على توقُّع الملاحظات التي تتعلق بهذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

افحص **الجدول 1–4** لترى نسب المواد الغذائية في حليب ثدييات مختلفة.

الجدول 1–4	**نسب المواد الغذائية في حليب الثَّدييات**				
المادة المغذية	**الكلب**	**الدُلفين**	**الفقمة**	**الأرنب**	**الحمار الوحشي**
الماء	76.3	44.9	43.8	71.3	86.2
البروتين	9.3	10.6	11.9	12.3	3.0
الدُّهون	9.5	34.9	42.8	13.1	4.8
السُّكر	3.0	0.9	0.0	1.9	5.3
					

ماذا قرأت؟ فسِّر لماذا تكون نسبة الدُّهن عالية في حليب الثَّدييات المائية؟

خصائص أُخرى Other Characteristics

تشترك الثَّدييات ـ بالإضافة إلى الشَّعر والغدد اللبنية ـ في خصائص أُخرى، منها **معدَّل الأيض** metabolic rate (وهو المعدل الذي تحدث به التفاعلات الكيميائية داخل الخلية في المخلوق الحي) المرتفع الذي يحافظ على ثبات درجة حرارة أجسامها، ولها أسنان وأجهزة هضمية مُتخصِّصة، وحجاب حاجز يُساعدها على التَّنفُّس، وقلب رُباعيّ الحُجرات، ودماغ معقّد ومتخصص.

مخلوقات ثابتة درجة الحرارة Endothermy الثَّدييات مخلوقات ثابتة درجة الحرارة. وهذا يعني أنَّها تُنتج حرارة جسمها داخليًّا. ويشكل مُعدَّل الأيض المُرتفع داخل أجسامها مصدر حرارتها. يتمُّ التَّحكُّم في درجة حرارة الجسم بآليات تغذية راجعة داخلية، من خلال إشارات بين الدِّماغ والحواس المُنتشرة في الجسم.

فعلى سبيل المثال، عندما ترتفع درجة حرارة بعض الثَّدييات بسبب بذل جهد أو ارتفاع حرارة الهواء المحيط تنشط غدد العرق في الجلد لإفراز العرق الذي يتبخّر عند سطح الجلد. وعندما يتبخّر العرق يمتص الحرارة من الجسم فيُبرِّده.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم الثَّدييات Mammalogist

علم الثَّدييات فرع من الأحياء يهتم بدراسة الثَّدييات. ويبحث عالِم الثَّدييات في سلوك نوع أو أكثر من الثَّدييات، وتشريحه، أو بيئته، وقد يقارن بين بعض الخصائص ـ ومنها الهضم مثلًا ـ في عدَّة أنواع من الثَّدييات.

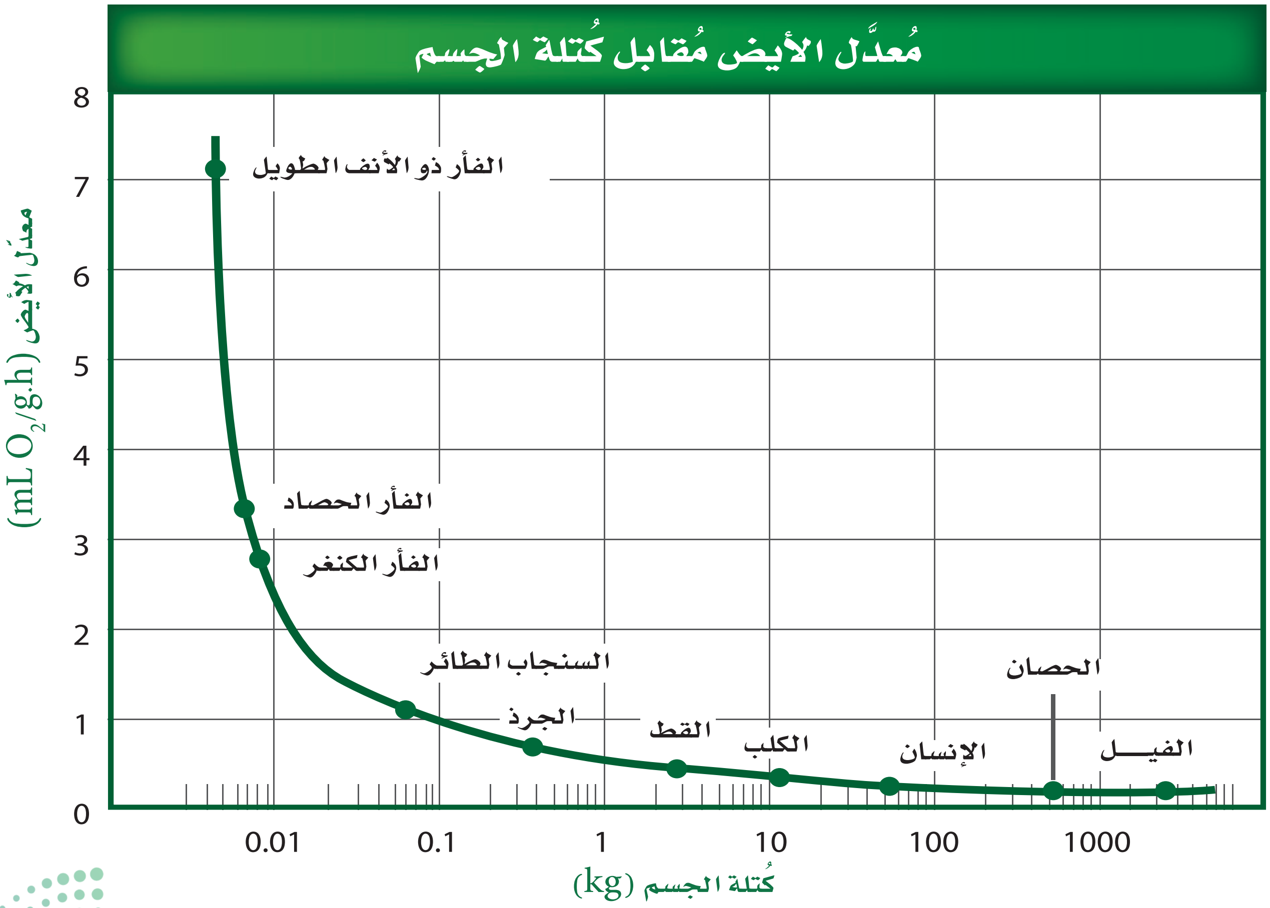
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وعندما تنخفض درجة حرارة الجســم يتوقف التَّعرُّق. أما في الثَّدييات الأُخرى التي لا تنتج العرق فيُبرِّد اللُّهاث الجسم كما يفعل حيوان الكلب. ولعلك شاهدت مخلوقًا يلهث في يوم قائظ. وفي أثناء اللُّهاث يتبخّر الماء من الفم والأنف. ولأن الثَّدييات تستطيع تنظيم درجة حرارة أجسامها داخليًّا للمحافظة على الاتزان فهي تســتطيع أن تعيش في جميع الأنظمة البيئية، ومنهــا المناطق القطبية في درجات حرارة التجمُّد، والصَّحارى، والمناطق الاستوائية الحارَّة، وغيرها.

التغذِّي والهضم Feeding and digestion للمحافظة على عمليات الأيض المســؤولة عن ثبات درجة الحرارة الداخلية تحتاج الثدييــات إلى كميات كبيرة من الطَّاقة. وهي تحصل على حاجتها من الطَّاقة بتحليل الغذاء. يستعمل كثير من الثدييات الغذاءَ الذي تحصل عليــه لإنتاج الحرارة اللازمة للمحافظة على درجة حرارة الجسم ثابتة.

تفحَّص الرَّســم البياني في **الشــكل 4–4** الــذي يُبين العلاقة بيــن مُعدَّل الأيض لمخلوق ثديي وكُتلة جسمه. فالثَّدييات الصَّغيرة ـ ومنها الفأر ذو الأنف الطويل، والأنواع الأخرى من الفئران ـ لها مُعدَّل أيضٍ عالٍ بالنسبة إلى أحجامها. ولذلك على هــذه المخلوقات الصَّغيرة أن تصطاد وتأكل الغذاء باســتمرار تقريبًا لإمداد الجسم بالوقود اللازم لعمليات الأيض.

الشــكل 4–4 نتيجة ارتفاع مُعدَّلات الأيض في أجسامها، يجب أن تتناول بعض الثَّدييات الصَّغــيرة ـ ومنها الفئران ـ يوميًّا طعامًا يعادل وزن كُتلتها تقريبًا؛ للمُحافظة على اتزان درجة حرارة جسمها.
حلِّل **ما كميــة الغــذاء (kg) تقريبًا التي يجب علــى الفأر ذي الأنــف الطويل أن يتناولها كل يوم ليبقى على قيد الحياة؟**



تقسيم الثدييات بحسب طريقة تغذّيها Trophic categories يُقسِّم العلماء الثَّدييات إلى أربع مجموعات، اعتمادًا على نوع غذائها:

1. آكلات الحشرات: ومنها الخُلد والفأر ذو الأنف الطويل، وهي تأكل الحشرات واللافقاريات الصَّغيرة.
2. آكلات الأعشاب: ومنها الأرانب والغزلان، وتتغذَّى على النَّباتات.
3. آكلات اللُّحوم: ومنها الثعالب والأُسُود، وتتغذَّى غالبًا على آكلات الأعشاب.
4. القارتة (آكلات أعشاب ولحوم): ومنها الرَّاكون والدب ومُعظم الرَّئيسات، وتتغذَّى على كل من النَّباتات وبعض المخلوقات الحية الأخرى.

خلق الله سبحانه وتعالى للثَّدييات مجموعة كبيرة من التكيُّفات التي تساعدها على إيجاد الغذاء، والإمساك به، ومضغه، وبلعه، وهضمه. وهذا من بديع صنع الخالق ـ عز وجل ـ في تنويع تراكيب أجسام المخلوقات الثَّديية وأنماط حياتها. فهضم ألياف النَّبات أكثر صعوبة، ويتطلَّب وقتًا أطول من هضم اللحوم. لذا فإن للثَّدييات التي تتغذى على النباتات مِعَى أعور أكبر، وجهازًا هضميًّا أطول من الثدييات التي تتغذى على اللحوم، **الشكل 5-4**.

آكلات الأعشاب (المُجترَات) Ruminant herbivores يُمكن أن يشكِّل السيليلوز ـ وهو من مُكوِّنات الجدار الخلوي في النَّباتات ـ مصدرًا للغذاء والطاقة. لكن إنزيمات الجهاز الهضمي في الثَّدييات لا تستطيع هضم السيليلوز. وعوضًا عن ذلك يوجد في المعى الأعور (وهو كيس يوجد حيث تلتقي الأمعاء الدَّقيقة مع الأمعاء الغليظة) لبعض آكلات الأعشاب بكتيريا تحلل السيليلوز. أما آكلات الأعشاب الأخرى فتوجد البكتيريا في معدتها وتحلل السيليلوز أيضًا إلى مواد غذائية يُمكن للمخلوق أن يستعملها. وهذا النوع من الثَّدييات يُسمى المجْترّات، ولها معدة كبيرة مكوّنة من أربع حجرات. الماشية والخراف والثِّيران كُلُّها مُجترَّات. عندما تتغذَّى المُجترات تمرّ المواد النباتية المطحونة عبر المعدة الأولى والثانية، فتهضم النباتات جزئيًّا عن طريق بكتيريا المعدة، ثم تعيده إلى الفم على شكل كتل غذائية وتمضُغها مرة أخرى لفترة طويلة، فتتحطَّم ألياف الحشائش. وعندما يتمُّ ابتلاع المُضغة تصل إلى الحُجرة الرَّابعة، حيث يستمر الهضم.

ماذا قرأت؟ **استنتج** نوع العلاقة الموجودة بين مخلوق مجترّ وبكتيريا في مَعِدته.

الأسنان Teeth بالإضافة إلى تكيُّفات الجهاز الهضمي، تُظهر الأسنان طرق تغذِّي الثَّدييات أكثر من أي صفة طبيعية أُخرى. ففي الأسماك والزَّواحف تبدو الأسنان كلها مُتشابهة جدًّا في الفم؛ لأنَّ هذه المخلوقات تستعمل كل أسنانها للغرض نفسه، وهو الإمساك بالفريسة أو لتمزيقها إربًا قبل بلعها. وعلى العكس من ذلك، فإن للثَّدييات عدَّة أنواع من الأسنان التي تخصّصت في وظائف مُختلفة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

Digestive Systems of Mammals

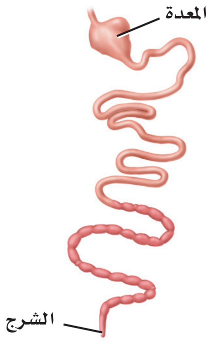
الأجهزة الهضمية في الثَّدييات

■ **الشـــكل 5–4** تكيَّفت الأجهزة الهضمية في الثَّدييات لتقوم بهضم الغذاء وامتصاصه بشـــكل فعَّال. إن البروتين الذي تســـتهلكه آكلات اللُّحوم وآكلات الحشرات قابل للهضم بســـهولة. تحتوي المواد النَّباتية على الكربوهيدرات، والماء، والسِّـيليلوز الذي يُقاوم الهضم. قارِن بين تركيب كل جهاز هضمي أدناه.

الجهاز الهضمي لآكل حشرات

إنَّ وجبة آكلات الحشرات تُهضم بسهولة وتُمتص بجهاز هضمي قصير نسبيًا.

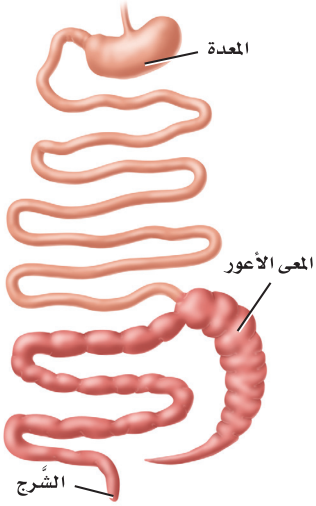
الفأر ذو الأنف الطويل

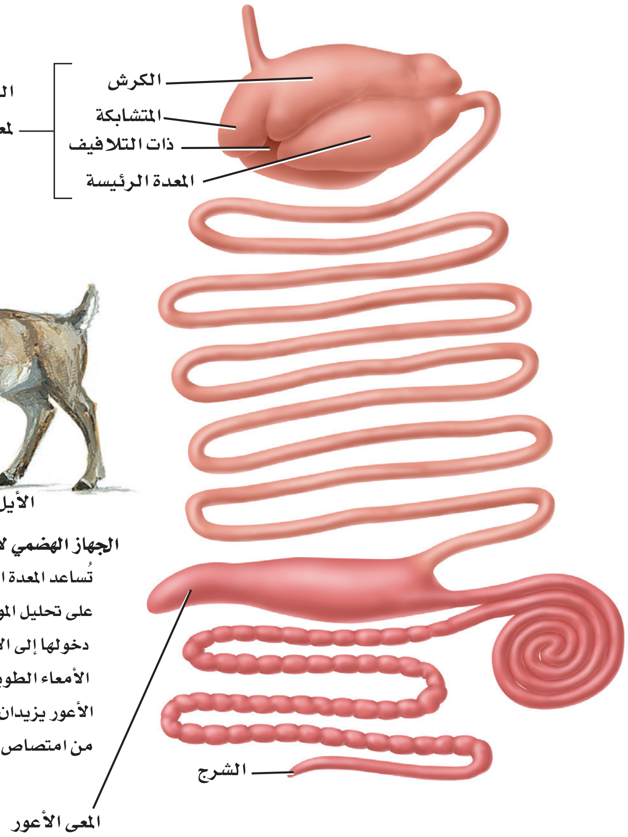


الأرنب الشرقي ذو الذيل القطني

جهاز هضمي لآكل أعشاب غير مُجترّ

يبدأ هضم الغذاء وامتصاصه في المعدة. تقوم البكتيريا في المعى الأعور بتحليل السِّيليلوز.





الأيل

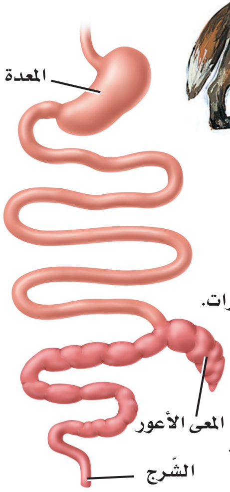
الجهاز الهضمي لآكل أعشاب مُجترّ

تُساعد المعدة العديدة الحُجرات على تحليل المواد النَّباتية قبل دخولها إلى الأمعاء. الأمعاء الطويلة والمعى الأعور يزيدان من امتصاص المواد الغذائية.

الثعلب الأحمر

الجهاز الهضمي لآكل لحوم

الجهاز الهضمي لآكل لحوم يشبه ما في آكل الحشرات. وبخلاف آكلات الأعشاب لا يُستعمل المعى الأعور في أي وظيفة مهمة في الجهاز الهضمي لآكل اللُّحوم.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تُبين الرسوم في **التَّجربة 1 – 4** الأنواع الأربعة لأسنان الثَّدييات: الأنياب، والقواطع، والأضراس الأمامية (الضواحك)، والأضراس الخلفية (الرحى). أنياب الثَّعلب طويلة وحادة. تَستعمل آكلات اللُّحوم الأنياب لطعن فرائسها وجرحها. أما أنياب آكلات الأعشاب فتكون عادةً صغيرة الحجم، كما في جُمجمة البقرة الظَّاهرة في **التَّجربة 1 –4**. وتُستخدم الأضراس الأمامية والأضراس الخلفية في آكلات اللحوم لتقطيع اللَّحم ونزعه عن عظام فرائسها، في حين أن وظيفة الأضراس الأمامية والأضراس الخلفية في آكلات الأعشاب هي الطَّحن. قواطع آكلات الحشرات طويلة ومُنحنية، وتعمل عمل دبابيس لتثبيت الفريسة (الحشرة). قواطع القُندس الشَّبيهة بالإزميل مُتحوِّرة للقرض.

ولأن أسنان الثَّدييات تعكس أنماط تغذِّيها فيُمكن لعلماء الأحياء أن يُحدِّدوا ما تأكله الثَّدييات بدراسة أسنانها. أكمل **التَّجربة 1– 4** لتستنتج غذاء المخلوق الثَّديي؛ اعتمادًا على أسنانه.

تجربة 1–4

المقارنة بين أسنان الثدييات

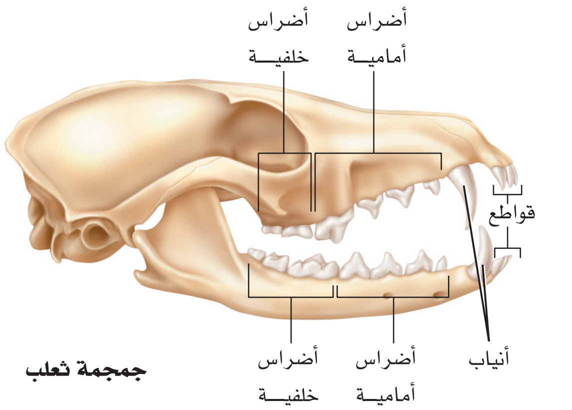
كيف تخصصت أسنان الثدييات؟ استكشف كيف ترتبط أسنان الأنواع المختلفة من الثَّدييات مع غذائها؟

خطوات العمل

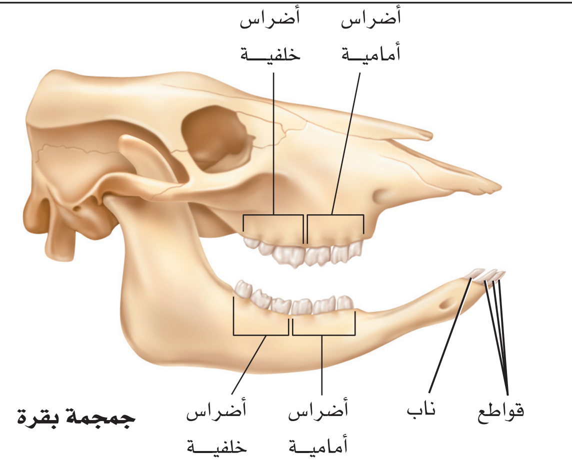
1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ الأسنان في جماجم أنواع مختلفة من الثَّدييات.
3. اعمل قائمة بأوجه الشبه والاختلاف بين أسنان الأنواع المختلفة من الثَّدييات.

التحليل

1. **استنتج** وظيفة كل نوع من الأسنان بناءً على شكله.
2. **حدد** نوع الأسنان المشتركة بين كل الثَّدييات التي درستها.
3. **صف** كيف يستعمل كل مخلوق ثديي درسته أسنانَه للحصول على الغذاء وابتلاعه؟
4. **فسِّر** كيف يمكن للعلماء أن يستعملوا الاختلافات بين أسنان الثَّدييات لتصنيفها إلى مجموعات مختلفة؟

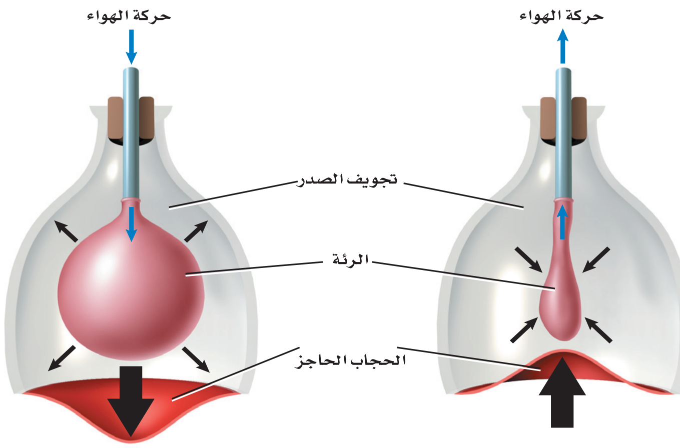


جمجمة ثعلب



جمجمة بقرة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 6–4 يشبه عمل الدَّورق والبالون مبدأ عمل الحجاب الحاجز الذي يجعل التَّنفُّس في الثَّدييات ممكنًا.
صف ماذا يحدث للتَّجويف الصَّدري عندما ينقبض الحجاب الحاجز أو ينبسط؟

المُفردات

مفردات أكاديمية

يحتفظ Retain:

يبقي في الملكية أو الاستعمال أو الاحتفاظ.

يُمكنك الاحتفاظ بأسنانك بتنظيفها بالفرشاة والخيط

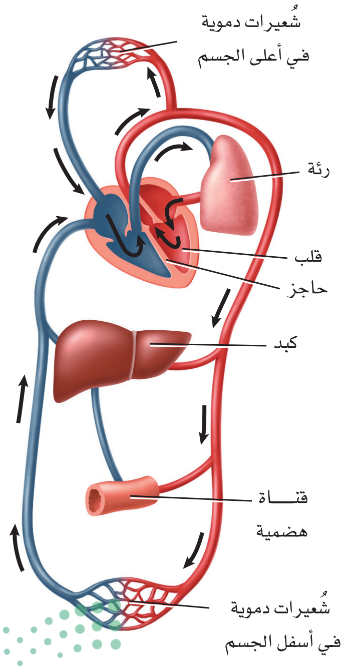
الإخراج Excretion تُخرج كُلى الثَّدييات فضلات الأيض، وتحافظ على اتزان سوائل الجسم. كما أنها تصفّي الدَّم من اليوريا، أو النَّاتج النِّهائي للأيض الخلوي. وتُخرج كُلى الثَّدييات أيضًا كمية مناسبة من الماء أو تحتفظ بكميات مناسبة من سوائل الجسم إلى الدم، كما تمكّن الثدييات من العيش في البيئات القاسية، ومنها الصَّحارى؛ لأنَّها تستطيع أن تتحكَّم في كمية الماء في سوائل الجسم وخلاياه.

التنفس Respiration يستعمل المخلوق الثَّديي الغذاء الذي يحصل عليه للمحافظة على مستويات طاقة عالية. كما أنه يحتاج إلى مستويات عالية من الأُكسجين للمحافظة على مستويات أيض عالية. يدخل الأُكسجين إلى الرئتين من خلال عملية التَّنفُّس. وعلى الرَّغم من أنَّ بعض المخلوقات الأُخرى ـ ومنها الطُّيور والزَّواحف ـ لها رئات فإنَّ الثَّدييات هي المخلوقات الوحيدة التي لديها حجاب حاجز. **الحجاب الحاجز** diaphragm طبقة عضلية تقع تحت الرِّئتين وتفصل بين التَّجويف الصدري والتَّجويف البطني؛ حيث توجد الأعضاء الأُخرى. عندما تنقبض عضلة الحجاب الحاجز فإنَّه يستقيم ويصبح مستويًا، ويسبب زيادة في حجم التَّجويف الصدري، **الشكل 6–4**. وعندما يدخل الهواء إلى الرِّئتين ينتقل الأكسجين بعملية الانتشار إلى الأوعية الدَّموية. وعندما تنبسط عضلة الحجاب الحاجز يصبح التَّجويف الصَّدري صغيرًا، ثم يخرج الهواء بعملية الزَّفير.

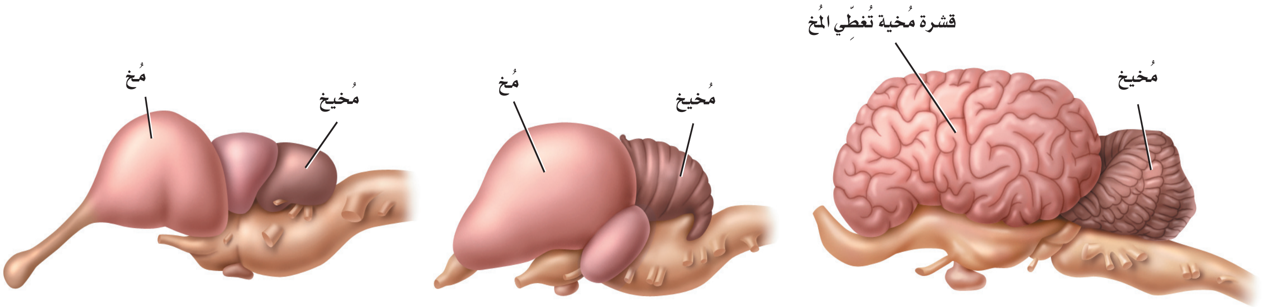
ماذا قرأت؟ صف كيف يختلف الجهاز التَّنفُّسي في الثَّدييات عنه في سائر المخلوقات؟

الدوران Circulation عندما يُحمَّل الدَّم بالأُكسجين تنقله أوعية دموية خاصّة إلى القلب، الذي يضخُّه إلى جميع أجزاء الجسم. الثَّدييات تشبه الطُّيور في أن لها قلبًا رُباعيّ الحُجرات. وكما في الطيور يبقى الدَّم المؤكسج مُنفصلاً تمامًا عن الدَّم غير المؤكسج، انظر **الشكل 7–4**. ولأن أجسام الثَّدييات نشيطة الحركة وثابتة درجة الحرارة فإنَّها تحتاج إلى كمية كبيرة من المواد الغذائية والأُكسجين للمحافظة على الاتزان الداخلي. إن فصل الدَّم المؤكسج عن الدَّم غير المؤكسج يجعل توصيل المواد الغذائية والأُكسجين أكثر فاعلية.

الشكل 7–4 للثَّدييات قلب رُباعي الحجرات، ينفصل فيه الأُذينان عن البُطينين بحاجز.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 8–4 القشرة المخّيّة هي الجزء الأكثر تعقيدًا في الدِّماغ، وهي الجزء الذي تزداد مساحته كلما زاد حجم المخلوق ودرجة تعقيده.

الربط مع الفيزياء يؤدّي جهاز الدوران في الثَّدييات دورًا في المحافظة على ثبات درجة حرارة أجسامها. فعندما ترتفع درجة حرارة الجسم تتمدّد الأوعية الدَّموية السَّطحية، فتنقل دمًا أكثر من المُعتاد. وتنتقل الحرارة من الدَّم إلى سطح الجلد عن طريق التَّوصيل، وتُفقد الحرارة من الجسم عن طريق الإشعاع وتبخُّر العرق على سطح الجلد. وعندما تنخفض درجة حرارة الجسم تنكمش الأوعية الدَّموية القريبة من سطح الجلد، ممّا يقلّل من فقدان حرارة الجسم.

الدِّماغ والحواسّ The brain and senses للثدييات دماغ معقّد جدًّا، وبخاصّة المخ؛ **فقشرة المُخ** cerebral cortex، **الشكل 8–4**، هي طبقة الدِّماغ الخارجية ذات الانثناءات الكثيرة. وتسمح انثناءات الدِّماغ بالحصول على مساحة سطح كبيرة للاتصالات العصبية، كما تسمح للدماغ أن يتناسب مع حجم تجويف الجمجمة. وقشرة المخ مسؤولة عن تنسيق نشاطات الوعي والذَّاكرة والقدرة على التَّعلُّم. أمّا المنطقة الأخرى المعقدة كثيرًا في دماغ الثَّدييات فهي المُخيخ. **والمُخيخ** cerebellum مسؤول عن الاتزان وتنسيق الحركة. قارن بين حجم وتركيب المُخيخ في كل من الزَّواحف، والطّيور، والثَّدييات في **الشكل 8–4**. يسمح المُخيخ المعقّد للمخلوق بالحركة الدقيقة، ويسمح له بأداء الحركات المعقَّدة في جميع الاتجاهات.

السلوك المعقد Complex behavior تُعلِّم أنثى الثَّعلب (الثُّعالة) –الموضحة في صورة افتتاحية الفصل– ابنها الصَّغير كيف يصطاد. ولأن الثَّدييات يمكنها أن تعلِّم صغارها مهارات البقاء فإنَّ فرصها في البقاء تزداد. والثدييات يمكنها أن تؤدّي سلوكًا معقَّدًا، ومن ذلك التَّعلّم وتذكّر ما تعلَّمت. كما يُمكن لبعضها الآخر أن يأخذ معلومات عن بيئته ويحتفظ بها. ويُمكن استعمال هذه المعلومات بعد ذلك. فعلى سبيل المثال تكون الفئران التي استكشَفت موطنًا بيئيًّا قادرة على تجنُّب المُفترسات على نحو أفضل من الفئران التي لم تكن لديها فرصة لاستكشافه.

الحواسّ Senses تختلف أهمية الحواس من مجموعة إلى أخرى في الثَّدييات؛ فحاسّة البصر لدى بعض الثَّدييات –ومنها الإنسان– ضرورية جدًّا، في حين أن حاسّة السَّمع أكثر أهمية في ثدييات أخرى، منها الخفاش؛ حيث تُصدر الخفافيش أصواتًا عالية التَّردُّد، ترتدّ وتعود إليها. وبهذه الطَّريقة يُمكن للخفافيش أن تكتشف

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع.

حاسة Sense

الاستعمال العلمي: وظيفة متخصِّصة للمخلوق تتضمّن وجود عضو إحساس ومؤثِّر ما.

تستعمل الكلاب حاسّة الشَّم للحصول على معلومات عن بيئاتها.

الاستعمال الشائع: آفة تصيب الزرع.

أصابت الزرعَ سنة حاسّة، أي كثر فيها الآفات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أهدافًا في مسارها. وهذه الطَّريقة تُسمى تحديد الموقع بالصَّدى. وإذا شاهدت كيف تستعمل الكلاب البوليسية حاسّة الشم لتتعرّف الأشخاص والأجسام الأخرى فسوف تدرك أهمية حاسَّة الشَّم لدى هذه الثَّدييات. وقد تساوي قوةُ حاسَّة الشَّم لدى الكلب أحيانًا قوةَ حاسَّة الشَّم لدى الإنسان مليون مرة.

ماذا قرأت؟ **استعمل التشابه** لكي تصف مميزات وجود انثناءات في الطَّبقة الخارجية من قشرة الدِّماغ.

الحركة Movement يجب أن تبحث الثَّدييات عن الغذاء والمأوى، وأن تهرب من المُفترسات. وللثدييات أطراف مختلفة تمكِّنها من أداء سلوكات ضرورية؛ إذ تركض بعض الثَّدييات، ومنها الذئاب والثَّعالب. أمّا أسرع ثدييات اليابسة فهو الفهد؛ فقد تصل سرعته إلى 110 km /h.

بعض الثدييات تقفز ومنها الكنغر، وبعضها الآخر يسبح ومنها الدُّلفين. أما الخفافيش فهي الثَّدييات الوحيدة التي تطير. ويعكس تركيب الجهازين العضلي والهيكلي في المخلوقات نوع الحركة التي يستعملها المخلوق. انظر **الشكل 9–4** الذي يُوضح الأطراف الأمامية للخُلد والخفاش، وكيف أن تركيب هذه الأطراف يعكس المواطن البيئية التي يعيش فيها هذان المخلوقان وسلوك كل منهما.

التكاثر Reproduction يتمُّ إخصاب البويضة داخليًّا في الثَّدييات، وينمو الجنين في رحم الأنثى في مُعظم الثَّدييات. و**الرَّحم** uterus عضو عضلي يُشبه الكيس، ينمو فيه الجنين. في أغلب الثَّدييات يتمُّ تغذية الجنين عن طريق **المشيمة** placenta، وهي عضو يوفِّر الغذاء والأُكسجين، ويتخلص من فضلات الجنين في أثناء نموه. وتعتمد فترة الحمل على نوع المخلوق. **الحمل** gestation هو الفترة التي يبقى فيها الجنين داخل الرَّحم قبل أن يُولد. وتتباين فترة الحمل في الثَّدييات؛ فأقصر فترة حمل هي للأبوسوم، وتبلغ 12 يومًا، بينما أطول فترة هي للفيل الإفريقي، التي تتراوح بين 660 ـ 760 يومًا. وعمومًا كلما كبر حجم المخلوق الثَّديي زادت فترة حمله. وبعد الولادة يتغذى الصغار على الحليب الذي تنتجه الغدد اللبنية لدى الأم.

المفردات

أصل الكلمة

الحمل Gestation:

-gest: من الكلمة اللاتينية gestare، وتعني يحمل.

-ation: لاحقة من اللاتينية تضاف آخر الكلمة وتعني حدث أو عملية.

الشكل 9–4
اليمين: للخُلد أطراف أمامية قوية، وقصيرة مُتكيِّفة لحفر الجحور في الأرض.
اليسار: يُمكن للخفاش أن يطير بأغشية رقيقة تمتد بين الذراع وعظام اليد.

أطراف تستخدم لحفر الجحور

أطراف تستخدم للطيران

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقويم 1-4

الخلاصة

- مكَّن الله عز وجل الثَّدييات من العيش في بيئات مُتنوعة عديدة.
- للثَّدييات أسنان مُتخصِّصة.
- للأجهزة التَّنفُّسية والدورانية والعصبية تكيُّفات مُعقَّدة تُمكِّن الثَّدييات من الحصول على طاقة إضافية تحتاج إليها في الحفاظ على الاتزان الداخلي.
- الإخصاب في الثدييات داخلي، وفي الغالب ينمو الجنين داخل رحم الأُنثى.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اذكر** خاصِّيتين فريدتين للثَّدييات.
2. **فسِّر** كيف تُحافظ الثَّدييات على درجة حرارة أجسامها ثابتة؟
3. **صنِّف** الثَّديياتِ التي تعيش في منطقتك إلى آكلات أعشاب أو آكلات لحوم، أو قارتة، أو آكلات حشرات.
4. **لخِّص** كيف يعمل الجهازان التَّنفُّسي والدَّوري معًا في الثَّدييات للحصول على مستويات طاقة عالية؟
5. **قارن** بيِّن طريقة حدوث التَّنفُّس في الثَّدييات وفي الطُّيور، بالاعتماد على الشكلين **15-3**، و **6-4**.

التفكير الناقد

6. **كوِّن فرضية** تُطلق حيتان العنبر صوتًا من أعلى الأصوات التي تصدرها المخلوقات الحية. وكلما كان الحوت أكبر حجمًا كان الصَّوت أعلى. كوِّن فرضية توضح سبب إطلاق هذه الأصوات.
7. الرياضيات في علم الأحياء افترض أنَّ أرنبًا شاهد ذئبًا وحاول الهرب منه. يُمكن للأرنب أن يجري بسرعة 65 km /h، ويُمكن للذئب أن يركض بسرعة 70 km /h. ما المسافة التي يُمكن أن يركضها الأرنب قبل أن يُمسك به الذئب، مع افتراض أنَّ الأرنب على بعد 25 m من الذئب، وقد تحركا في الوقت نفسه؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

4-2

الأهداف

- **تفحص** خصائص الثَّدييات في كُلٍّ من تحت الطوائف الثلاث للثَّدييات.
- **تُميز** بين التَّكيُّفات التي تسهم في تنوُّع الثَّدييات، وتمكّنها من العيش في بيئات مختلفة.
- **تقارن** بين رتب الثدييات المشيمية.

مراجعة المفردات

الكروموسوم Chromosome: تركيب خلوي يحمل المادة الوراثية التي يتمُّ نسخها ونقلها من جيل من الخلايا إلى جيل آخر.

المفردات الجديدة

الثدييات الأولية
الثدييات الكيسية
الثدييات المشيمية

تنوُّع الثدييات Diversity of Mammals

الفكرة الرئيسة تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثُرها.

الرَّبط مع الحياة فكّر في الثَّدييات التي تراها كل يوم، ومنها الأغنام أو الجمال. إنَّها جزء صغير من 4500 نوع من الثَّدييات. وقد طوَّر العلماء حدائق ومحميات للمخلوقات البريَّة؛ لتقدِّم فرصًا لدراسة التَّنوُّع الكبير لأنواع الثَّدييات الموجودة حاليًّا.

تصنيف الثَّدييات Mammals Classification

تُقسم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، اعتمادًا على طريقة تكاثرها، وهي: الثدييات الأولية، والثدييات الكيسية، والثَّدييات المشيمية.

الثدييات الأولية Monotremes للمخلوق المبين في **الشكل 10–4** منقار يشبه منقار البطة، وأقدام ذات أغشية، وهو لا يشبه أي ثديي شاهدته من قبل. ومع ذلك، فإن له شعرًا وغددًا لبنية، مما يجعله أحد الثدييات. ومنقار البط من الثدييات الأولية، يضع بيضًا كالبيض الذي تضعه الزَّواحف. و**الثدييات الأولية** monotremes ثدييات تتكاثر بوضع البيض. ومن الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا آكل النمل الشوكي ومنقار البط. ويبين **الشكل 10–4** آكل نمل شوكيًّا بالغًا. ويعيش منقار البط وآكل النمل الشوكي في أستراليا وتسمانيا وغينيا الجديدة فقط. وللثدييات الأولية بعض خصائص الزَّواحف؛ فبالإضافة إلى وضع البيوض، تتشابه معها في تركيب العظم في منطقة الكتف، وكذلك درجة حرارة جسمها أقل من أغلب الثَّدييات الأخرى، ولها خليط فريد من الكروموسومات الطبيعية الحجم؛ كروموسومات بحجم تلك التي لدى الثَّدييات، وكروموسومات صغيرة مثل التي لدى الزَّواحف.

ماذا قرأت؟ حدّد كيف تختلف الثدييات الأولية عن تحت الطوائف الأُخرى للثَّدييات؟

الشكل 10–4 آكل النمل الشوكي، مثله مثل منقار البط، ثديي يضع البيوض. عندما تفقس البيضة يحصل الجنين على الغذاء من غدد الحليب الخاصة بأمه.

■ **الشكل 11–4** الأبوسوم الثَّديي يقضي مُعظم وقته على الأشجار.

الثدييات الكيسية Marsupials تُسمى الثدييات التي لها كيس (جراب)، وفترة حمل قصيرة جدًّا **الثدييات الكيسية** marsupials؛ حيث يزحف الصغير بعد الولادة مُباشرة نحو الجراب المكون من الجلد والشَّعر على جسم الأم الخارجي. ويستمر نمو الصغير داخل الجراب، في حين يغذَّى بالحليب الذي تفرزه الغدد اللبنية للأم. وفي بعض أنواع الثدييات الكيسية يُولد الصغير ويزحف داخل جراب أُمه بعد ثمانية أيام فقط من حدوث الإخصاب؛ حيث يبقى هناك فترة حتى يكتمل نموه.

ومن الثدييات الكيسية الأبوسوم- كما في **الشكل 11–4**- والكوالا، والوَلَبي Wallaby، والكنغر الموضح **بالشكل 12–4**. ومُعظم الثدييات الكيسية تعيش في أستراليا والجُزر المجاورة لها.

الربط مع علوم الأرض إن وجود الثدييات الكيسية في أستراليا ما زال محيرًا للعلماء. وقد كانت الثدييات الكيسية تعيش في أمريكا الشَّمالية، اعتمادًا على أدلة من الأحافير، إلا أن بعضها انتشر ليعيش في أمريكا الجنوبية وأوربا عندما كانت القارات مُرتبطة معًا في كتلة واحدة ضخمة من اليابسة. فانتقلت الثدييات الكيسية من أمريكا الجنوبية عبر إفريقيا إلى أستراليا. وبعد ذلك ـ قبل نحو 200 مليون سنة مضت ـ انفصلت القارات بسبب تحرُّك الصَّفائح الأرضية، مما أدى إلى عزل الثدييات الكيسية بأستراليا والجُزر القريبة منها.

نمت الثدييات الكيسية الأسترالية؛ لأنَّها كانت منعزلة عن منافساتها من الثَّدييات المشيمية. ففي أمريكا الشَّمالية والجنوبية كان للثَّدييات المشيمية ميزات تكيُّفية تنافسية. فعلى سبيل المثال، أصبح لدى الثَّدييات المشيمية سلوك اجتماعي، ومصادر غذائية أكثر تنوعًا، وتنوع في الشكل والوظيفة أكثر مما لدى الثدييات الكيسية.

وحلَّت الثدييات الكيسية – في أستراليا وغينيا الجديدة- محل الثَّدييات المشيمية في الأماكن التي كانت تحتلُّها. فعلى سبيل المثال، ملأت الكناغر ـ وهي آكلات أعشاب في أستراليا ـ الإطار البيئي للغزلان والوعول والثيران، التي تشكل آكلات الأعشاب في أماكن أُخرى في العالم.

■ **الشكل 12–4** للكنغر فترة حمل مُدَّتها 33 يومًا تقريبًا، وبعد ذلك يبدأ الصَّغير فترة الحضانة في الكيس.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الحوت الأحدب الظهر

الفأر ذو الأنف الطويل

■ الشكل 13–4 الحوت الأحدب وزنه 100,000 kg، وهو أكبر مخلوق ثديي. أما الفأر ذو الأنف الطويل فوزنه 1.5 g، وهو من أصغر الثّدييات.

الثدييات المشيمية Placental mammals تشكل الثدييات المشيمية ـ ومنها الإنسان ـ النسبة الكبرى بين الثدييات. **فالثّدييات المشيمية** placental mammals ثدييات لها مشيمة. وهي العضو الذي يُوفِّر الغذاء والأُكسجين للجنين، ويُخلِّصه من الفضلات. وتلد الثّدييات المشيمية صغيرًا لا يحتاج أن ينمو داخل كيس. تتوزَّع الثّدييات المشيمية في 18 رُتبة. تضم بعضُ الرُّتب أنواعًا قليلة. فعلى سبيل المثال، هناك فقط نوعان من الليمور الطّائر Flying Lemur في رتبة جلديات الأجنحة. ويمكن لليمور الطّائر أن ينزلق عبر الهواء بسبب غشاء من الجلد يربط يديه برجليه. والأردفارك Aardvark ـ آكل نمل يعيش في إفريقيا ـ هو النَّوع الوحيد في رتبته. وتحتوي رُتب أُخرى ـ منها القوارض التي تضم السّناجب والجرذان ـ على نحو 2000 نوع. وتتراوح أوزان الثّدييات المشيمية بين مخلوق الفأر ذي الأنف الطويل الذي يزن 1.5 g، إلى بعض الحيتان التي تزن 100,000 kg، كما في **الشكل 13–4**. وتتراوح أشكال الثدييات المشيمية بين الدُّلفين البحري الذي له تكيُّفات للسِّباحة، إلى الخُلد الذي تكيَّف للحياة تحت الأرض، والخفافيش التي لها أجنحة وتستطيع تحديد المكان بانعكاس صدى الموجات فوق الصوتية لتتمكّن من الطّيران في الظّلام.

وضع العلماء عدَّة فرضيات تفسر وجود أعداد كبيرة وأنواع كثيرة من الثّدييات المشيمية مقارنة بالثدييات الكيسية. تقول إحدى الفرضيات إنَّ صغار الثدييات الكيسية تتشبث بفرو أمها عند الولادة. لذا لا يوجد حاجة لأن تتغير الأطراف لتكوّن أرجلاً أو أجنحة أو زعانف. وتُفسِّر فرضية أُخرى نجاح الثّدييات المشيمية بأنَّ القشرة المُخية للثّدييات المشيمية أكبر وأشد تعقيدًا من تلك التي لدى الثدييات الكيسية. ويعود ذلك إلى البيئة الأكثر استقرارًا، والأغنى بالأُكسجين التي يكون فيها الجنين داخل الرَّحم.

ماذا قرأت؟ وضِّح كيف تختلف الثّدييات المشيمية عن الثدييات الكيسية؟

تجربة استهلالية

مراجعة: بناءً على ما قرأته حول تصنيف الثّدييات، كيف يُمكنك الآن الإجابة عن أسئلة التّحليل؟

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رُتبة آكلات الحشرات- الفأر ذو الأنف الطويل

رُتبة الخفاشيات - الخفاش

■ **الشكل 14-4** الفأر ذو الأنف الطويل من رُتبة آكلات الحشرات. الخفاش من رُتبة الخفاشيات — الخفاش.

رُتبة آكلات الحشرات Order Insectivora ومنها القُنفذ والخُلد؛ حيث تعد الحشرات مصدر غذاء رئيس لهذه الثَّدييات. ويبيِّن **الشكل 14-4** الفأر ذا الأنف الطويل، وهو أيضًا آكل للحشرات. أفراد رتبة آكلة الحشرات في العادة صغيرة الحجم، ولها أنف مُدبَّب يسمح لها باصطياد الحشرات بسهولة؛ فالفأر ذو الأنف الطويل من أصغر الثَّدييات التي توجد في كل أرجاء العالم، وتقضي مُعظم حياتها تحت الأرض.

رُتبة الخفاشيات Order Chiroptera هناك نحو 925 نوعًا في رُتبة الخفاشيات، وكلها أنواع من الخفاش. وكما ذُكر سابقًا، فالخفافيش هي الثَّدييات الوحيدة التي تستطيع الطَّيران. وأجنحتها مكونة من أغشية رقيقة مدعومة بأطراف أمامية مُتحوِّرة. وتتغذَّى الخفافيش على أنواع مختلفة من الغذاء، فبعضها يأكل الحشرات، وبعضها الآخر يأكل الفاكهة، وأُخرى تتغذَّى على الدَّم. وأكثرها شيوعًا الخفاش الصَّغير البُنّي الذي يطير عند الغسق ليُمسك بالحشرات. والخفاش المبين في **الشكل 14-4**، هو أكبر الخفافيش، ويعيش في المناطق الاستوائية على نطاق واسع، ويتغذَّى على الفواكه.

رُتبة الرئيسيات Primates Order السَّعادين والقرود، أمثلة على الرَّئيسيات. وأدمغة الرَّئيسيات هي الأكبر والأكثر تعقيدًا بين الثدييات. وتسكن مُعظم الرَّئيسيات على الأشجار، مما جعل العلماء يفترضون أنها تحتاج إلى أداء حركات مُعقَّدة وهي على الأشجار، كتلك التي تتطلَّب الإمساك بالغذاء، أو تجنُّب الأعداء، ومن ثَم أدَّت إلى تحسين قدراتها العقلية وارتفاع درجة تعقيد تراكيبها الدماغية. وهيَّأ الله سبحانه وتعالى الأطراف الأمامية للرَّئيسيات في الغالب للإمساك بالأشياء. ويبين **الشكل 15-4** نوعًا من القرود؛ حيث يمسك الصغير بأمه ويتشبث بها.

■ **الشكل 15-4** نوع من القرود، يمسك الصغير بأمه ويتشبث بها، مما يوضح القدرات العقلية المتقدمة للرئيسيات.
حدد مخلوقات أخرى في رُتبة الرَّئيسيات.

رتبة الدّرداوات Order Xenarthra قد لا يكون لمخلوقات هذه الرُّتبة أسنان أبدًا، وقد يكون لها أسنان بسيطة، تُشبه الوتد. فآكل النَّمل في **الشكل 16-4** لا أسنان له. ولآكلات النَّمل لسان شوكي ولُعاب صمغي يسمح لها بالإمساك بالنَّمل بسهولة. ولكل من الكسلان والمُدرَّع أسنان قاضمة تُشبه الوتد. ويتغذَّى الكسلان غالبًا على الأوراق. أما المُدرَّع فيتغذّى على الحشرات. وتعيش ثدييات هذه الرُّتبة في مناطق مختلفة من العالم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ الشكل 16–4 آكل النَّمل الضَّخم، هو أكبر آكل نمل. وأكبر القوارض هو القندس؛ فقد يصل وزنه إلى 80 kg .
صف خصائص أفراد رتبة الدّرداوات.

رُتبة القوارض Order Rodentia تضم الثَّدييات القارضة مخلوقات منها القُندس، كما في **الشكل 16–4**، والجرذان Rats، والمرموط Marmots، والسَّناجب Squirrels، والهامستر Hamster. وتُشكِّل القوارض 40% من جميع أنواع الثَّدييات. يستمر زوج القواطع الشَّبيه بالشَّفرة في النُّمو خلال حياة القوارض. وهي تستعمل أسنانها الحادة لقضم الخشب والبذور أو القشور للحصول على الغذاء. إن مقدرة القوارض على غزو كل أنواع البيئات الأرضية ونجاح سلوكها التَّكاثري جعلها حاضرة في كل الأنظمة الحيوية البريَّة.

رتبة الأرنبيات Order Lagomorpha تشبه القوارض؛ فلأفراد هذه الرُّتبة مثل الأرانب، والبيكة Pika (أرنب الصخور) قواطع طويلة حادَّة مستمرة النُّمو. وللأرنبيات قواطع تشبه الإزميل تنمو خلف الزَّوج الأول. وهذه الثَّدييات آكلات أعشاب تتغذى على الأعشاب والفواكه والبذور. وتعيش البيكة، المبينة في **الشكل 17–4**، في المرتفعات أو بيئات المناطق العالية التي تكون أراضيها مغطَّاة بالثلج أجزاءً من السَّنة. وتتكيف هذه الثدييات لهذه الظُّروف بجمع العشب خلال أشهر الدِّفء وخزنه، ثم تأكله بعد ذلك خلال الشتاء عندما لا يكون العشب الأخضر الطَّازج مُتوافرًا.

المفردات

أصل الكلمة

الأرنبيات Lagomorpha:

-lago من الكلمة اللاتينية lagos، وتعني أرنب.

-morph من الكلمة اللاتينية morphe، تعني شبيه.

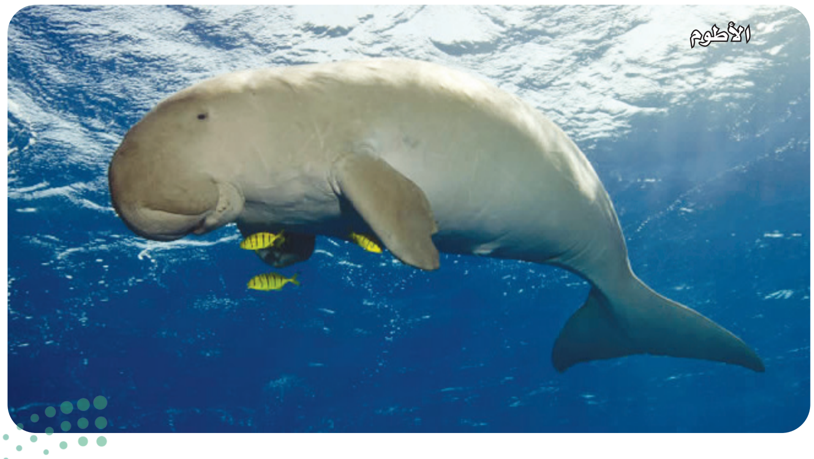
رُتبة آكلات اللحوم Order Carnivora ربما يكون لديك مخلوق ثديي أليف مثل القطة. فالقطة والثَّعالب والدِّببة والفقمة والفظّ (حصان البحر) Walruses والذئاب والظربان Skunk وثعالب الماء Otters وابن عرس Weasels، كلها تتبع رتبة آكلات اللُّحوم. فآكلات اللُّحوم هذه كلها مفترسات وذات أسنان تكيَّفت لتمزيق اللَّحم. فاللبؤة، كما في **الشكل 17–4**، تأكل الوعول وصغار الزَّراف وصغار التَّماسيح. وبعد أن تُمسك بفريستها تستعمل قواطعها على تمزيق قطع اللَّحم.

■ الشكل 17–4 توجد البيكة في المناطق الثَّلجية. وتستخدم اللبؤة أنيابها في طعن الفريسة وتقطيعها.

رتبـة الخرطوميـات Order Proboscidea الفيلة من أكبر ثدييات اليابســة. ولها خرطوم مرن متكيِّف لجمع النباتات وشــرب الماء. وقد تحوَّر قاطعاه إلى أنياب؛ لحفر التربة، وإخراج الجذور، وتمزيق لحاء الأشجار، **الشكل 18–4**. وقد دُرِّبَتْ بعض الفيلة للمساعدة على حمل الأشياء الثَّقيلة.

رتبة الخيلانيات Sirenia Order بقر البحر Manatees والأطوم Dugongs أكبر أفراد رتبة الخيلانيات الكبيرة الحجم، وكلاهما ثدييان بطيئا الحركة، وذوا رؤوس كبيرة وليس لهما أطراف خلفية. وقد خلق الله ســبحانه وتعالى أطرافهما الأمامية على هيئة زعانف تســاعد على السِّــباحة. وهذه المخلوقات آكلات أعشاب؛ إذ تتغذَّى على أعشاب البحر، والطَّحالب، والنباتات المائية الأُخرى. واعتمادًا على حجمها، يمكن للأطوم مثلاً أن يستهلك نحو 50 kg من الأعشاب كل يوم. وتسبح أفراد هذه الرُّتبة غالبًا على سطوح الأنهار والأهوار الدَّافئة الاستوائية. ولأنها بطيئة جدًّا وتُفضِّل المياه السَّــطحية فغالبًا ما تصدمها القوارب السَّــريعة فتؤذيها. يبين **الشكل 19–4** بقر البحر في أثناء السباحة.

الشكل 18–4 الخرطوم خاص برتبة الخرطوميات.



الشكل 19–4 عظام الفك في الحوت (البلين) تُشــبه المُنخل. ويبين الشكل أيضًا الأطوم يطفو بالقرب من سطح الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رتبة أحادية الحافر Order Perissodactyla تشـمل الثَّدييات ذات الحوافر، ومنهـا الحصان وحمار الوحش ووحيد القـرن. ولأفراد هــذه الرُّتبة عدد مفرد من الأصابع، أي إصبع واحدة أو ثلاث أصابع فـي كل قدم. وهذه الثدييات آكلات أعشاب، ولها أسنان تكيفت لطحن النَّباتات. وتعيش أحادية الحافر في كل القارات ما عدا القارة القُطبية.

رتبة ثنائية الحافر Order Artiodactyla أفراد هــذه الرتبة ثدييات ذات حوافر أيضًا. تختلـف عن أحادية الحافر في أنَّ لها عـددًا مزدوجًا من الأصابع، أي اثنتين أو أربع على كل طرف. فالغزلان والماشـية والخراف والماعز وفرس النهر Hippopotamus كُلها ثنائية الحافر. وللعديد من الماشـية والخراف والغزلان قرون. وثدييات هذه الرُّتبة آكلات أعشاب ومعظمها مجترّة.

رتبة الحوتيات Order Cetacea للحيتان والدَّلافين أطراف أمامية تحوَّرت إلى زعانف تسـاعد على السِّباحة. وليس لها أطـراف خلفية، والذَّيل يتكوَّن من أجزاء لحمية. وفتحاتها الأنفية متحوِّرة على شـكل ثقب أو اثنين في أعلى الرَّأس لنفث الماء، ولا يغطي جسـمها الشعر. وبعض الحيتان مُفترسات، وبعضها الآخر ـ ومنه الحوت الأزرق ـ له تراكيب متخصِّصة داخل أفواهها تُسمَّى عظام الفك (البَلِين) تُستعمل لتصفية العوالق التي تتغذى عليها. ويبين **الشكل 19-4** الحوت الأحدب.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين الثَّدييات المشيمية باستخدام **الجدول 2-4**.

الجدول 2-4 رتب الثدييات المشيمية

الرتبة	مثال	المُميِّزات
آكلات الحشرات	الفأر ذو الأنف الطويل ، والقنافذ، والخُلْد	أنف مُدبَّب، أصغر الثَّدييات، تعيش تحت الأرض، آكلة حشرات
جلديات الأجنحة	الليمور الطائر	غشاء من الجلد يربط يديه برجليه.
الخفاشيات	الخفاش	ليلية، تستخدم الصدى، تطير، تأكل الحشرات والفواكه
الرَّئيسيات	القرود، والسَّعادين	رؤية ثُنائية، أدمغة كبيرة، تعيش أغلبها على الأشجار، إبهام متقابل
الدرداوات	آكلات النمل، والدب الكسلان، والمُدرَّع	ليس لها أسنان أو ذات أسنان مثل الوتد، آكلات حشرات
القوارض	القنادس، والجرذان، والمرموط، والسَّناجب، والهامستر.	أسنان، قواطع حادَّة، آكلات أعشاب
الأرنبيات	الأرانب، والبيكة (أرنب الصخور)	الأرجل الخلفية أطول من الأمامية، مُتكيِّفة للقفز، قواطع دائمة النُّمو
آكلات اللُّحوم	القطط، والثعالب، والدببـة، والفقمة، والفظ (حصان البحر)، والذئب، والظربان، وثعالب الماء، وابن عرس	الأسنان متكيِّفة لتمزيق اللَّحم، آكلات لحوم
الخرطوميات	الفيلة	خراطيم طويلة، أصبحت القواطع أنيابًا عاجية، أكبر مخلوقات اليابسة
الخيلانيات	عجل البحر، والأطوم	حركة بطيئة، رؤوس كبيرة، ليس لها أطراف خلفية
أحادية الحافر	الحصان، والحمار الوحشي، ووحيد القرن	ذات حوافر، عدد أصابعها مفرد، آكلات أعشاب
ثنائية الحافر	الغزال، والماشية، والخراف، والماعز، وفرس النهر Hippopotamus	ذات حوافر، عدد أصابعها زوجي، آكلات أعشاب
الحوتيات	الحيتان، والدلافين	الأطراف الأمامية على شـكل زعانف، ليـس لها أطراف خلفية، تستعمل فتحات المناخر لنفث الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر تحليل البيانات 4-1

بناءً على بيانات حقيقية

حلِّل ثم استنتج

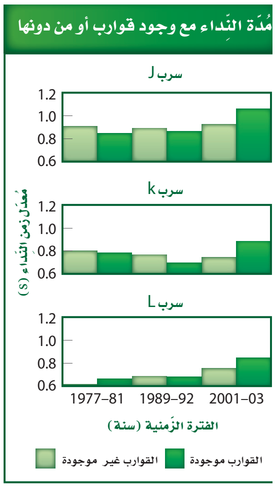
كيف يؤثِّر ضجيج القوارب في الحيتان؟
قد تُنسِّق الحيتان القاتلة صيدها التَّعاوني، أو أي سلوك اجتماعي آخر عن طريق أنواع معيَّنة من النِّداءات (الأصوات) التي لها معنى عند باقي أفراد الفوج أو المجموعة المهاجرة معها. ويبين الرسم البياني أثر ازدياد عدد القوارب في منطقة الدراسة في الفترة 1990 –2000م في تواصل الحيتان؛ حيث وصل عدد القوارب إلى خمسة أضعاف تقريبًا.

البيانات والملاحظات

فحص علماء الأحياء طول مدَّة نداءات الحوت في ثلاث مجموعات خلال عدة سنوات. تفحَّص الرُّسوم البيانية.

التفكير الناقد

1. **قوِّم** التوجه لتغير مــدة النِّداء في الحيتان في الأسراب J ، K ، L من 1977م إلى 2003م. ما الذي ينتج عن هذا التَّوجُّه؟
2. **كوِّن فرضية** تصف ما يستقصيه الباحثون في هذه الدِّراسة.



أخذت البيانات في هذا المختبر من: Foote, A., et al. 2004.Whale –call response to masking boat noise. *Nature* 428:910.

التقويم 2–4

الخلاصة

- من بين تحت طوائف الثدييات الثلاث، تضع تحت طائفة الثدييات الأولية فقط البيض.
- تحت طائفة الثدييات الكيسية لها كيس يقضي فيه الصغير معظم وقت نموه.
- صغار الثَّدييات المشيمية تتغذَّى عن طريق المشيمة في أثناء نموها داخل الرَّحم.
- صنفت الثدييات المشيمية إلى رتب مختلفة، اعتمادًا على أشكالها وبيئاتها وخصائصها التركيبية وطبيعة غذائها.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **سمِّ** تحت الطوائف الثلاث التي تنقسم إليها الثَّدييات، وصف خصائص كل تحت طائفة.
2. **حدِّد** رتبة أو رتب الثَّدييات التي ينتمي إليها المخلوق الثديي التالي، وفسِّر إجابتك: له فرو أحمر بُني، وزوجان من القواطع في الفك العلوي (زوج خلف الآخر)، ومخالب، وجسمه أصغر قليلًا من كرة السَّلة، ويمكنه القفز بسهولة.
3. **قارن** بين خصائص الثَّدييات في رتبة أحادية الحافر وتلك التي في رتبة ثنائية الحافر.
4. **صف** الخصائص التي مكّنت رتبة القوارض من الانتشار في معظم الأنظمة الحيوية البرية.

التفكير الناقد

5. **كوِّن فرضية** يمكن أن يكتشف منقار البط المجالات الكهربائية الناتجة عن انقباض عضلات مخلوقات أُخرى. وهكذا يبحث منقار البط عن فريسته. كوِّن فرضية تبيِّن فاعلية هذا التَّكيُّف المُعقَّد بدلًا من حاسة البصر البسيطة.
6. الكتابة في علم الأحياء يعتقد بعض الناس خطأ أنَّ الثدييات الكيسية أقل تعقيدًا من الثَّدييات المشيمية. حلِّل هذا الاعتقاد، ثم فسّره.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

علم الأحياء والمجتمع

الكلاب المدربة المساعدة

كان رجل يعيش وحده، وفجأة أصيب بجلطة دماغية، ولم يستطع الحراك، بدأ كلبه ينبح بشدة، فنبه الناس، فجاؤوا ورأوا أنَّ صاحب المزرعة بحاجة إلى مساعدة طبية، فأنقذوا حياته.

حاسَّة الشَّم حاسَّة الشَّم لدى الكلب أكثر حدة من حاسَّة الشَّم لدى الإنسان. ويوجد لدى الكلب 200 مليون مستقبِل رائحة، في حين يوجد لدى الإنسان 5 ملايين مُستقبل رائحة فقط. وتستعمل الكلاب مستقبلاتها الشمية بشكل اعتيادي للمساعدة على الكشف عن المخدرات والمتفجرات والأشخاص الضائعين. وتستطيع الكلاب المدرَّبة أن تساعد على الكشف عن الأشخاص المدفونين تحت الانهيارات الثَّلجية؛ إذ يُمكن للكلاب أن تجد أشخاصًا مدفونين على عمق 5 m من الثَّلج. ويمكن لكلب مدرب أن يمسح منطقة بحجم ملعب كرة القدم على عمق أكثر من 36 m من الثَّلج في 30 دقيقة. بينما يتطلَّب البحث في المساحة نفسها 5 أشخاص بمجسات إلكترونية حساسة مُدَّة 15 ساعة.

الكشف عن السرطان تُستعمل الكلاب أيضًا للكشف عن وجود الأورام السَّرطانية. ففي دراسة بحثية حديثة تمكَّنت الكلاب من تمييز وجود سرطان المثانة عن طريق شم بول المريض. وفي هذه التَّجربة، دُرِّبت الكلاب على الاستلقاء أرضًا عندما تكتشف خلايا سرطانية في عينة البول.

وهناك بعض الأدلة تشير إلى أنَّ الكلاب يمكنها الكشف عن سرطان الجلد من خلال اكتشاف روائح تُطلقها الشامة (ورم سرطاني حميد). وتجرى حاليًّا دراسات يتمُّ فيها فحص الكلاب لمعرفة مدى استطاعتها الكشف عن سرطان الرِّئة وسرطان البروستاتا. ويمكن للكلاب أن توفِّر نظام كشف مُبكِّر لم يصل إليه العلم بعد.

نوع من الكلاب البوليسية المدربة.

الإحساس بنوبات المرض يمكن لبعض الكلاب أن تحسّ متى يمكن أن يمرّ المرء بنوبة تشنّج. وهذا النوع من الكلاب يساعد على تنبيه الذين يُصابون بالمرض في أي مكان قبل 15 دقيقة إلى 12 ساعة من النَّوبة. مما يُعطي الوقت للمصابين لكي يتناولوا أدويتهم الخاصة بمعالجة النوبة، أو يطلبوا المساعدة، أو ينتقلوا إلى مكان أكثر أمنًا. فالنظرية الحالية التي تفسر ذلك هي أنَّ هذه الكلاب تُحِس أن هناك تغيُّرًا ما في تعابير الوجه أو أن هناك شيئًا مختلفًا في توازن شخصية الفرد.

خدمة المجتمع

اتصل ابحث في الإنترنت عن برامج علاجية استعمل فيها مخلوقات أليفة. وتعرّف كيف يعمل هذا البرنامج، وهل يمكن أن تساعد صفك في هذا البرنامج بتعلّم المزيد حول طريقة مساعدة هذه المخلوقات الأليفة لكبار السن.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

الإنترنت: كيف يُمكننا تمييز الثدييات من غيرها؟

الخلفية النظرية: الصِّفات الطبيعية التي تشترك فيها جميع الثَّدييات- ومنها الشعر والغدد اللبنية- مكَّنتها من التَّكيُّف مع أي نظام بيئي تقريبًا في المحيط الحيويّ. وتكثر الثَّدييات في الغابات المطيرة والصَّحارى والمناطق القطبية، وهي متكيِّفة للعيش في البيئة القريبة من منزلك أو مدرستك أيضًا.

سؤال: ما التنوُّع الذي يُمكن أن تجده في منطقتك في الثَّدييات؟

المواد والأدوات

- دليل ميداني لتعرّف ثدييات منطقة الخليج العربي.
- مناظير مُكبِّرة.

احتياطات السَّلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السَّلامة في دليل التجارب العملية.
2. اكتب قائمة بالثَّدييات التي تلاحظها في منطقتك.
3. توقَّع كيف يُمكن تصنيف أنواع هذه الثَّدييات.
4. صمِّم جدول بيانات لتسجيل هذه الأنواع وصفاتها الطبيعية، ومنها الحجم وشكل الجسم والخصائص الفريدة، وتصنيف هذه الثَّدييات.
5. أجرِ بحثًا عن الثَّدييات لتعبئة جدول البيانات الخاص بك بالمعلومات المتعلقة بهذه الثدييات. كأن تراقب المخلوقات في منطقتك المحلية، فتقوم بزيارة المتنزهات، أو المحميات الطبيعية، أو حديقة الحيوانات. وإذا لم تستطع ملاحظة المخلوقات في بيئاتها الطَّبيعية فاحصل على معلومات عن الثَّدييات في منطقتك من مراجع معتمدة.
6. سجِّل ملاحظاتك الموجودة في دفتر ملاحظاتك الحقلية، وانقل المعلومات إلى جدول البيانات الخاص بك.

حلِّل ثم استنتج

1. **صف** المميِّزات الأساسية التي تشترك فيها جميع الثَّدييات التي لاحظتها.
2. **قارن** بين الثَّدييات التي درستها وتلك التي درسها طلاب آخرون في المنطقة نفسها.
3. **قارن** بين الخصائص الطبيعية التي يُمكن أن يستعملها العلماء لتصنيف الثَّدييات إلى مجموعات تصنيفية مختلفة.
4. **استنتج** كيف تكيّفت الثَّدييات الموجودة في قائمتك مع البيئة وعاشت فيها؟
5. **صف** طرائق الملاحظة الأخرى التي يمكن استخدامها لإجراء بحث شامل عن الثَّدييات في منطقة بحث تختارها.
6. **تحليل الخطأ** قارن بين قائمة الثدييات التي أعددتها وقوائم أعدَّها طلاب آخرون لتحديد الأخطاء المحتملة في تعريف الثدييات.

تحضير مُلصق

قدم عرضًا اجمع صورًا لثدييات من منطقة أُخرى، واعمل ملصقًا لعرضه على طلاب صفك. وضمِّن الملصق معلومات عن مميِّزات كل ثديي، والتكيُّفات الخاصة به.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 4

دليل مراجعة الفصل

المطويات **كوِّن فرضية** هناك ثلاثة أنــواع فقط من الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا: نوع واحد من منقار البط، ونوعان من آكل النمل الشوكي (الإكيدنا). كوِّن فرضية تُفسِّر لماذا تتميز تحت الطائفة هذه من الثَّدييات بتنوع محدود مُقارنةً بتنوُّع الثدييات الكيسية والثَّدييات المشيمية؟

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–4 خصائص الثَّدييات	
الغدة اللبنية الغدَّة معدل الأيض الحجاب الحاجز القشرة المخية المُخيخ الرحم المشيمة الحمل	**الفكرة الرئيسة** **للثَّدييات خاصيتان مميزتان: الشَّعر، والغدد اللبنية.** • مكّن الله عز وجل الثَّدييات من العيش في بيئات متنوعة عديدة. • للثَّدييات أسنان متخصِّصة. • للأجهزة التَّنفُّسية والدورانية والعصبية تكيُّفات معقَّدة تمكِّن الثَّدييات من الحصول على طاقة إضافية تحتاج إليها في الحفاظ على الاتزان الداخلي. • الإخصاب في الثدييات داخلي، وينمو الجنين غالبًا داخل رحم الأُنثى.
2–4 تنوُّع الثَّدييات	
الثدييات الأولية الثدييات الكيسية الثدييات المشيمية	**الفكرة الرئيسة** **تقسّم طائفة الثَّدييات إلى ثلاث تحت طوائف، بناءً على طرائق تكاثُرها.** • من بين تحت الطوائف الثَّدييات الثلاث، تضع تحت طائفة واحدة فقط بيضًا. • إحدى تحت الطوائف الثَّديية لها كيس يقضي فيه الصَّغير معظم وقت نموّه. • صغار الثَّدييات المشيمية تتغذّى عن طريق المشيمة في أثناء نموها داخل الرَّحم. • صنفت الثدييات المشيمية إلى رتب مختلفة اعتمادًا على أشكالها وبيئاتها وخصائصها التركيبية وطبيعة غذائها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

4–1

مراجعة المفردات

التشابه: أكمل الآتي باستعمال مفردة من دليل مراجعة الفصل.

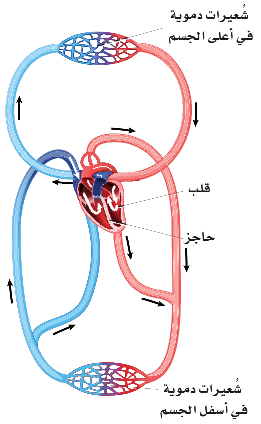
1. المُح للطَّائر مثل ــــــــــــــــ للثدييات.

2. فترة الحضانة للطَّائر مثل فترة ــــــــــــــــ للثدييات.

3. النواة للخلية مثل ــــــــــــــــ للدِّماغ.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 4 و 5.



4. أيّ الأجهزة الآتية يمثلها الشكل أعلاه؟

a. الجهاز الإخراجي. **b.** الجهاز الهيكلي.

c. جهاز الدوران. **d.** الجهاز التَّناسلي.

5. ما الذي يصف دعم هذا الجهاز لثبات درجة حرارة الثَّدييات؟

a. الدَّم المؤكسج منفصل عن الدَّم غير المؤكسج.

b. للقلب ثلاث حجرات، ويمكنه أن يضخ دمًا أكثر.

c. ينقل هذا الجهاز الدَّم المؤكسج إلى الرِّئتين.

d. ينقل هذا الجهاز الدَّم غير المؤكسج من القلب إلى الجسم.

6. أيّ مما يأتي أقل ارتباطًا مع الاتزان الدَّاخلي في الثَّدييات؟

a. الكلى. **b.** القلب.

c. الغدد العرقية. **d.** المخالب.

7. أيّ مما يأتي يُعد من وظائف الغدد الدهنية، والغدد العرقية، وغدد الحليب؟

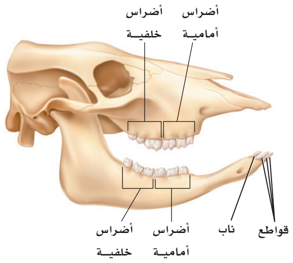
a. المحافظة على الجلد والشَّعر، وتنظيم درجة الحرارة، وإنتاج الحليب.

b. التَّكاثُر، والمحافظة على الجلد والشَّعر، وتنظيم درجة الحرارة.

c. تنظيم درجة الحرارة، وإنتاج الحليب، والتَّكاثُر.

d. إنتاج الحليب، وتوصيل الأكسجين، والمحافظة على الجلد والشَّعر.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السُّؤالين 8 و9.



8. أيّ مستوى غذائي تنتمي إليه جمجمة هذا المخلوق الثَّديي؟

a. آكل أعشاب. **b.** آكل حشرات.

c. آكل لحوم. **d.** رمِّي.

9. كيف يساعد وجود أنواع مختلفة من الأسنان على وجود الثَّدييات في جميع البيئات؟

a. تستطيع أن تأكل أشكالًا متنوعة من الغذاء.

b. تستطيع أن تصطاد بفاعلية.

c. يمكنها أن تهضم طعامها بسهولة أكثر.

d. جهازُها الهضمي متحوِّر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة بنائية

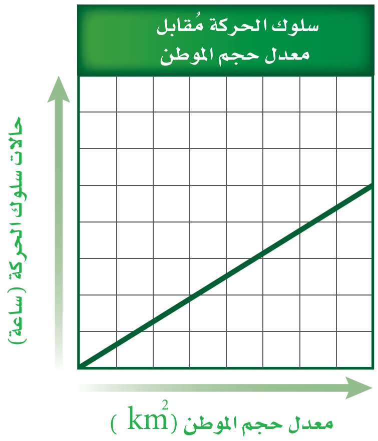
10. نهاية مفتوحة. تفحَّص **الجدول 1–3**، وكوِّن فرضية تُفسِّر فيها سبب وجود اختلافات واسعة في محتوى الدهون في كل من حليب الفقمة وحليب الثدييات الأخرى.

11. نهاية مفتوحة. للعديد من المخلوقات التي تعيش في المناطق المتجمدة أجسام كبيرة وأطراف قصيرة، منها الآذان والأرجل. فسِّر كيف يمكن أن يساعد هذا التَّكيُّف على بقائها دافئة؟

التفكير الناقد

12. صمِّم تجربة. تفرز أفراس النهر سائلاً من غدد عميقة في الجلد، يشبه العرق، إلا أنه قد يكون له وظائف أُخرى أيضًا. افترض العلماء أنَّ هذا السَّائل ربما يستعمل واقيًا لجلد فرس النَّهر ضد الشمس. صمِّم تجربة باستخدام حُبيبات تمتصّ الأشعة فوق البنفسجية لاختبار ما إذا كان هذا السَّائل الذي يفرزه جلد هذا المخلوق الثَّديي يوفِّر له حماية من أشعة الشَّمس.

13. حلِّل واستنتج. لقد وضع علماء الأحياء فرضية مفادها أنَّه عندما توضع آكلات اللُّحوم ذات البيئات الكبيرة في أماكن صغيرة مغلقة فإنَّها تُظهر زيادة في حالات سلوك الحركة (جيئة وذهابًا). لقد درسوا الثَّعلب القطبي والدُّب القطبي والأسد. حلِّل الرَّسم البياني أدناه، واستنتج أثر الحبس في سلوك الحركة.



4–2

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمةٍ من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح كل عبارة صحيحة:

14. الفيل مثال على <u>الثدييات الكيسية</u>.

15. في <u>الثدييات الأولية</u> ينمو الجنين داخل رحم الأُنثى.

16. <u>للثدييات الأولية</u> جراب.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

17. أيّ الثَّدييات الآتية من رتبة الحوتيات؟

a. القندس. **b.** الدلافين.
c. الحمار الوحشي. **d.** عجل البحر.

18. ما الفائدة من نمو الصَّغير داخل الرَّحم؟

a. يُولد الصِّغار أحياء.
b. يقل احتمال افتراس الصَّغير.
c. زيادة احتمال افتراس الصَّغير.
d. يكون الصغير مكتمل النمو عند الولادة.

19. أيّ الثَّدييات الآتية ليس من الثدييات الكيسية؟

a. الأبوسوم. **b.** الكنغر.
c. الإكيدنا. **d.** الوَلب.

20. أيّ مما يأتي ليس من خصائص منقار البط؟

a. أقدام غشائية.
b. القدرة على وضع البيوض.
c. قلب ثلاثي الحجرات.
d. كروموسومات صغيرة، تُشبه ما لدى الزَّواحف.

21. تفحَّص **الجدول 1 – 3**. أي الثَّدييات الآتية تحوي أكبر نسبة من البروتين في حليبها؟

a. الدلفين. **b.** الفقمة.
c. الأرنب. **d.** الحمار الوحشي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة بنائية

22. نهاية مفتوحة. ارسم وفسِّر التَّكيُّفات الملائمة لثديي يعيش على عمق 1m في مياه مستنقع، وبيئة خضراء كثيفة تحت الماء، فيها أفاعٍ مُفترسة.

23. نهاية مفتوحة. قدِّم أسبابًا تعلل بها دراسةُ رتب الثدييات.

24. نهاية مفتوحة. نظِّم نقاشًا في صفك حول استعمال المخلوقات لتجريب الأدوية ومواد التَّجميل عليها.

التفكير الناقد

25. مهن مرتبطة مع علم الأحياء. افترض أنَّك حارس حديقة سيعرض فيها مخلوق مُهدَّد بالانقراض محليًّا. صمِّم مكانًا ونمط غذاء وتعليمات أخرى للعناية بهذا المخلوق، والمحافظة على بقائه في حديقة المخلوقات الحية المحلية. جهِّز إعلانًا يُنبِّه النَّاس إلى أهمية حماية هذا النَّوع المُهدَّد بالانقراض، والطرق التي يُمكن أن يُشاركوا فيها لإجراءات الحماية.

26. ابحث. اختر مجموعتك المُفضَّلة من الثَّدييات، وارسم خريطة تُبيِّن توزيعها في العالم. وحدد العوامل البيئية التي قد تُؤثِّر حاليًّا في توزيعها وفي المجموعة مستقبلاً. اكتب توصيات لما يجب عمله للتأكد من نجاح مجموعتك المُفضَّلة من الثَّدييات.

استعمل الجدول الآتي للإجابة عن السُّؤال 27.

وزن المواليد ومُحتوى الحليب من البروتين

الثَّديي	الأيام المطلوبة لمضاعفة وزن المولود	محتوى الحليب من البروتين (g/1000)
الإنسان	180	12
الحصان	60	26
البقرة	47	33
الخروف	10	51
القط	9	101

27. حلِّل البيانات. فسِّر العلاقة بين عدد الأيام التي يتطلبها تضاعف وزن المولود ومحتوى الحليب من البروتين. مثِّل هذا الجدول بيانيًّا.

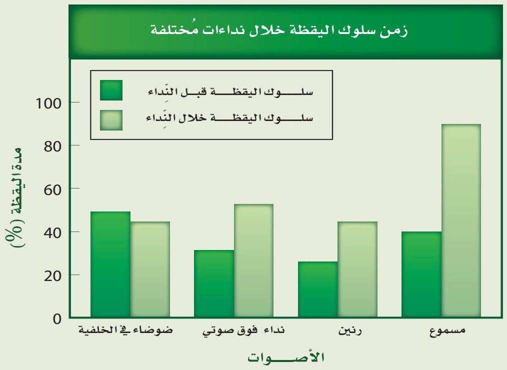
تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء ابحث عن أي محتوى جيني لمخلوق ثديي تمَّ معرفة ترتيب القواعد النِّيتروجينية فيه، ثم اكتب فقرة تصف فيها ما تعلَّمت.

أسئلة المستندات

وُجد أنَّ لنوع مُحدَّد من سنجاب الأرض القدرة على إصدار نداءات فوق صوتية لا يُمكن أن يسمعها أي ثديي آخر، ونداءات يمكن أن تكون مسموعة. عرَّض العلماء السَّناجب لنداء فوق صوتي، أو ضوضاء في الخلفية، أو رنين شبيه بالنِّداءات فوق الصَّوتية، ونداء يمكن سماعُه، ثمَّ لاحظوا الوقت الذي أمضته السناجب في إظهار سلوك اليقظة (مراقبة المفترسات) خلال كُل صوت.

استعمل الرَّسم البياني للإجابة عن الأسئلة الآتية:



29. تحت أي ظروف أظهرت سناجب الأرض أعلى سلوك لليقظة عمومًا؟

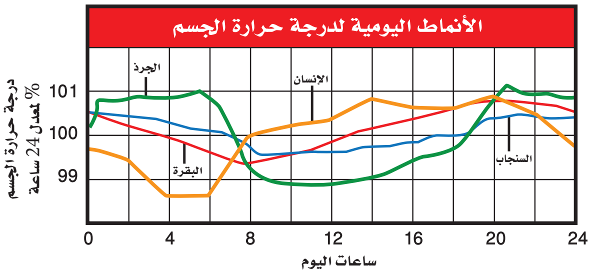
30. تحت أي ظروف كانت الإشارة فوق الصوتية أكثر فاعلية بوصفها تحذيرًا للمخلوق؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. أيّ المخلوقات الحية له أعلى معدَّل درجة حرارة جسم؟

a. البقرة. **b.** السنجاب.

c. الإنسان. **d.** الجرذ.

2. الجرذ والسنجاب من المخلوقات الليلية في الغالب. فما الذي تستنتجه من الرَّسم حول درجات حرارة أجسام هذه المخلوقات؟

a. درجات حرارة أجسامها أعلى من درجات حرارة أجسام المخلوقات الحية النَّشطة خلال النَّهار.

b. تغيُّرات درجة حرارتها أكثر حدّة من المخلوقات النَّشطة خلال النَّهار.

c. درجات حرارة أجسامها أقل من درجات حرارة أجسام المخلوقات الحية النَّشطة خلال النَّهار.

d. تغيُّرات درجة حرارتها أقلّ حدّة من المخلوقات النَّشطة خلال النَّهار.

3. ما الخاصية التي تميز الخفاش من غيره من الثدييات؟

a. حدة النظر. **b.** الريش.

c. الطيران. **d.** الأسنان.

4. ما الخاصية المميزة للثدييات؟

a. الشعر.

b. ثابتة درجة الحرارة.

c. قلبها مكون من أربع حجرات.

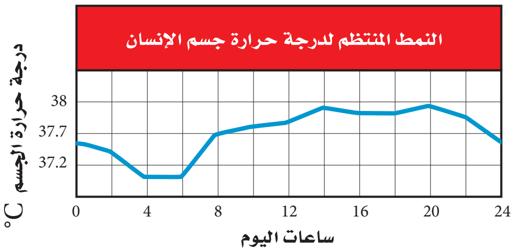
d. الإخصاب الداخلي.

5. أيّ الحيوانات الآتية ثديي مشيمي؟

a. الطائر الطنان. **b.** الكنغر.

c. منقار البط. **d.** الحوت.

استعمل المخطط الآتي للإجابة عن السؤال 6.



6. يبين المنحنى نمط التغير اليومي في درجة حرارة جسم الإنسان. متى تبدو درجة حرارة الجسم أقل ما يمكن؟

a. بعد الأكل. **b.** قبل الفجر.

c. بعد الظهر. **d.** منتصف الليل.

أسئلة الإجابات القصيرة

7. صف أربع خصائص مختلفة، أو عمليات تُمكِّن الثَّدييات من المحافظة على الاتزان الداخلي لدرجة الحرارة.

8. ما الفائدتان اللتان يحصل عليهما صغير الثَّدييات من التغذّي على حليب أُمه؟

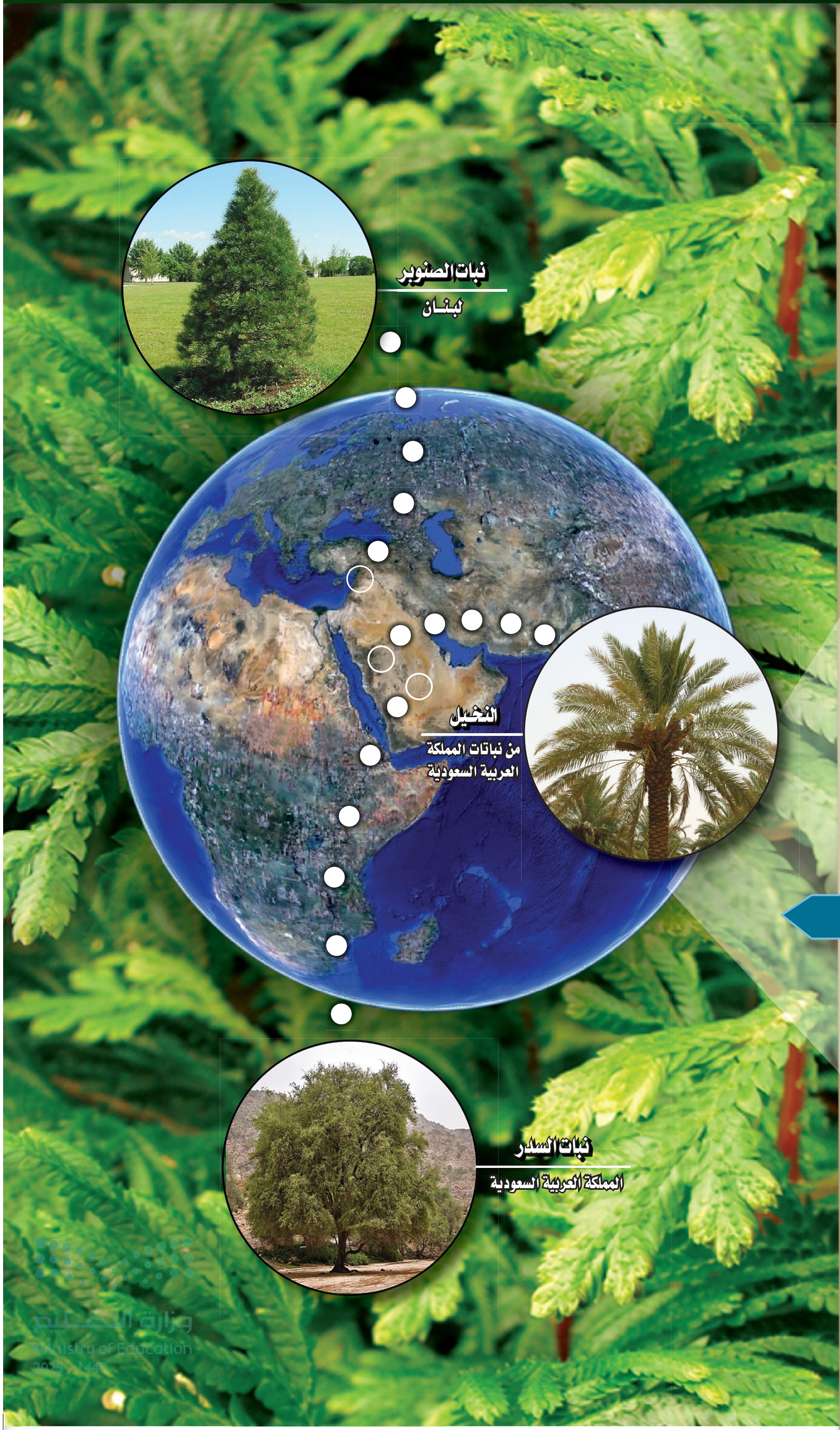
يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1
الدرس / الفصل	4–1	4–1	4–2	4–1	4–2	4–2	4–1	4–1
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 5

مقدمة في النباتات
Introduction to plants



الفكرة العامة النباتات مجموعة متنوعة من المخلوقات الحية، أبدعها البارئ سبحانه وتعالى.

1 – 5 النباتات اللاوعائية

الفكرة الرئيسة النباتات اللاوعائية صغيرة، وتنمو عادة في البيئات الرطبة.

2 – 5 النباتات الوعائية اللابذرية

الفكرة الرئيسة النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية؛ لأنها تحوي أنسجة وعائية.

3 – 5 النباتات الوعائية البذرية

الفكرة الرئيسة النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.

حقائق في علم الأحياء

- عدد الأنواع النباتية ثلاثة أضعاف عدد الأنواع الحيوانية.
- تشكل النباتات ومنتجاتها نحو 98% من الكتلة الحيوية على الأرض.

وزارة التعليم
Ministry of Education

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما الخصائص التي تختلف فيها النباتات؟

يستعمل العلماء صفات محددة لتصنيف النباتات ضمن المملكة النباتية. وستدرس في هذه التجربة بعضًا من صفات النباتات.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. عنوّن خمس عينات نباتية باستعمال الأحرف A، B، C، D، E.
3. ادرس كل نبات بعناية. واغسل يديك جيدًا بعد الانتهاء من دراسة هذه النباتات.
4. سجّل بناءً على ملاحظاتك الخصائص التي تصف أوجه التشابه والاختلاف بين هذه النباتات.
5. رتب قائمة الخصائص تنازليًّا حسب أهميتها من وجهة نظرك.

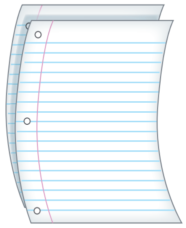
التحليل

1. قارن قائمتك بقوائم زملائك في الصف.
2. صف درجة التنوع بين النباتات التي درستها.
3. سجّل قائمة بالصفات التي لم تستطع دراستها، والتي قد تكون مهمة في تنظيم النباتات في مجموعات.

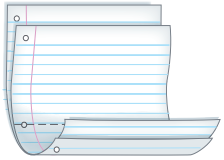
المطويات منظمات الأفكار

تصنيف النبات اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم تصنيف النباتات اللاوعائية.

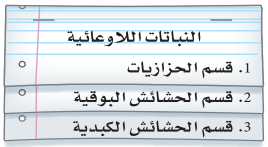
الخطوة 1: ضع ورقتين من دفتر ملاحظاتك بعضها فوق بعض متباعدة إحداها عن الأخرى بمقدار 1.5 cm، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الأطراف لتكوّن أربعة ألسنة متساوية المساحة، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبت أوراق المطوية معًا بالدبابيس، واكتب على كل لسان عنوانًا، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 1-5.** سجل وأنت تقرأ هذا القسم ما تعلمته حول تصنيف النباتات.

5-1

النباتات اللاوعائية
Nonvascular Plants

الفكرة الرئيسة **النباتات اللاوعائية صغيرة، وتنمو عادة في البيئات الرطبة.**

الربط مع الحياة هل استعملت يومًا خرطوم المياه لري نباتات الحديقة أو غسل سيارة؟ لماذا لا تنقل الماء من الصنبور بوساطة الدلو؟ إن استعمال الخرطوم لنقل الماء ـ كما ترى ـ طريقة أكثر فاعلية من استعمال الدلو. تفتقر النباتات اللاوعائية إلى تراكيب لنقل الماء والمواد الأخرى. ومع ذلك، فإن صغر حجم هذه النباتات يجعل نقل المواد بالانتشار والخاصية الأسموزية كافيًا لسد حاجاتها.

الأهداف

- **تتعرَّف** تراكيب النباتات اللاوعائية.
- **تقارن** بين خصائص أقسام النباتات اللاوعائية.

مراجعة المفردات

التكافل Symbiosis: العلاقة التي يعيش بوساطتها مخلوقان معًا وتربطهما علاقة وثيقة.

المفردات الجديدة

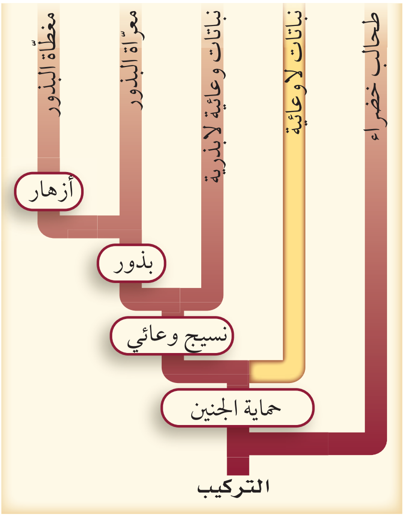
الثالوس

تنوع النباتات اللاوعائية Diversity of Nonvascular Plants

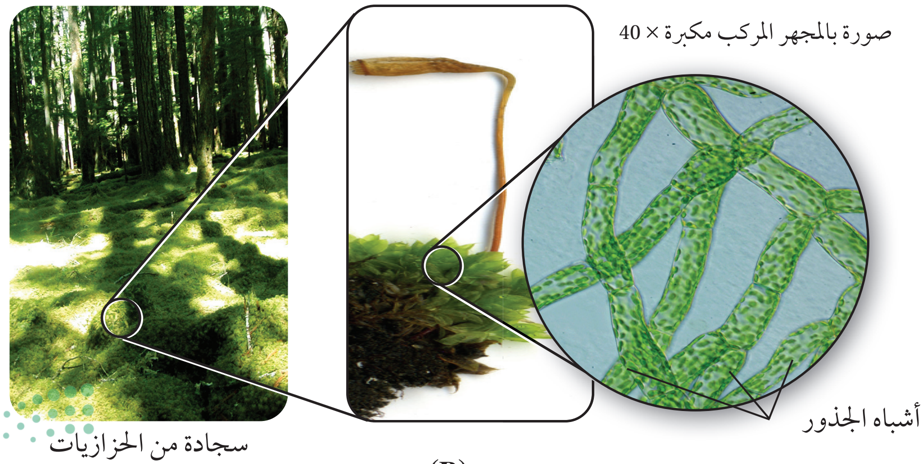
تُشكّل النباتات اللاوعائية واحدة من أربع مجموعات من النباتات التي تشترك مع الطحالب بعدة خصائص كما في **الشكل (A) 1-5**، ومنها: أن الجدار الخلوي في كليهما مكون من السيليلوز، وتخزن النباتات ومعظم الطحالب الغذاء على صورة نشا، وتستخدم النباتات ومعظم أنواع الطحالب نفس النوع من الكلوروفيل في عملية البناء الضوئي. وعمومًا، فإن النباتات اللاوعائية صغيرة الحجم، مما يمكّن المواد من الانتقال خلالها بسهولة. وتوجد هذه النباتات على الأغلب في المناطق الرطبة الظليلة، وهي بيئة تزودها بالماء الذي تحتاج إليه لنقل المواد الغذائية، وتساعدها على عملية التكاثر.

قسم الحزازيات Division Bryophyta أكثرها شيوعًا هي الحزازيات القائمة، انظر **الشكل 2-5**. وربما تكون قد شاهدت هذه النباتات اللاوعائية الصغيرة نامية على ساق شجرة ميتة أو على حافة جدول. وعلى الرغم من أن الحزازيات ليس لديها أوراق حقيقية إلا أن لها تراكيب شبيهة بالأوراق، وهذه التراكيب التي تقوم بعملية البناء الضوئي تتكون عادة من طبقة واحدة من الخلايا. تُنتج الحزازيات القائمة أشباه جذور عديدة الخلايا لتثبتها في التربة أو غيرها من السطوح، كما في **الشكل (B) 1-5**.

الشكل 1-5 حماية الجنين من خصائص النباتات الوعائية والنباتات اللاوعائية. السجادة الخضراء من الحزازيات القائمة وهي نباتات لاوعائية تتكون من مئات من النباتات الحزازية، كل منها له سيقان ورقية وأشباه جذور.



(A)



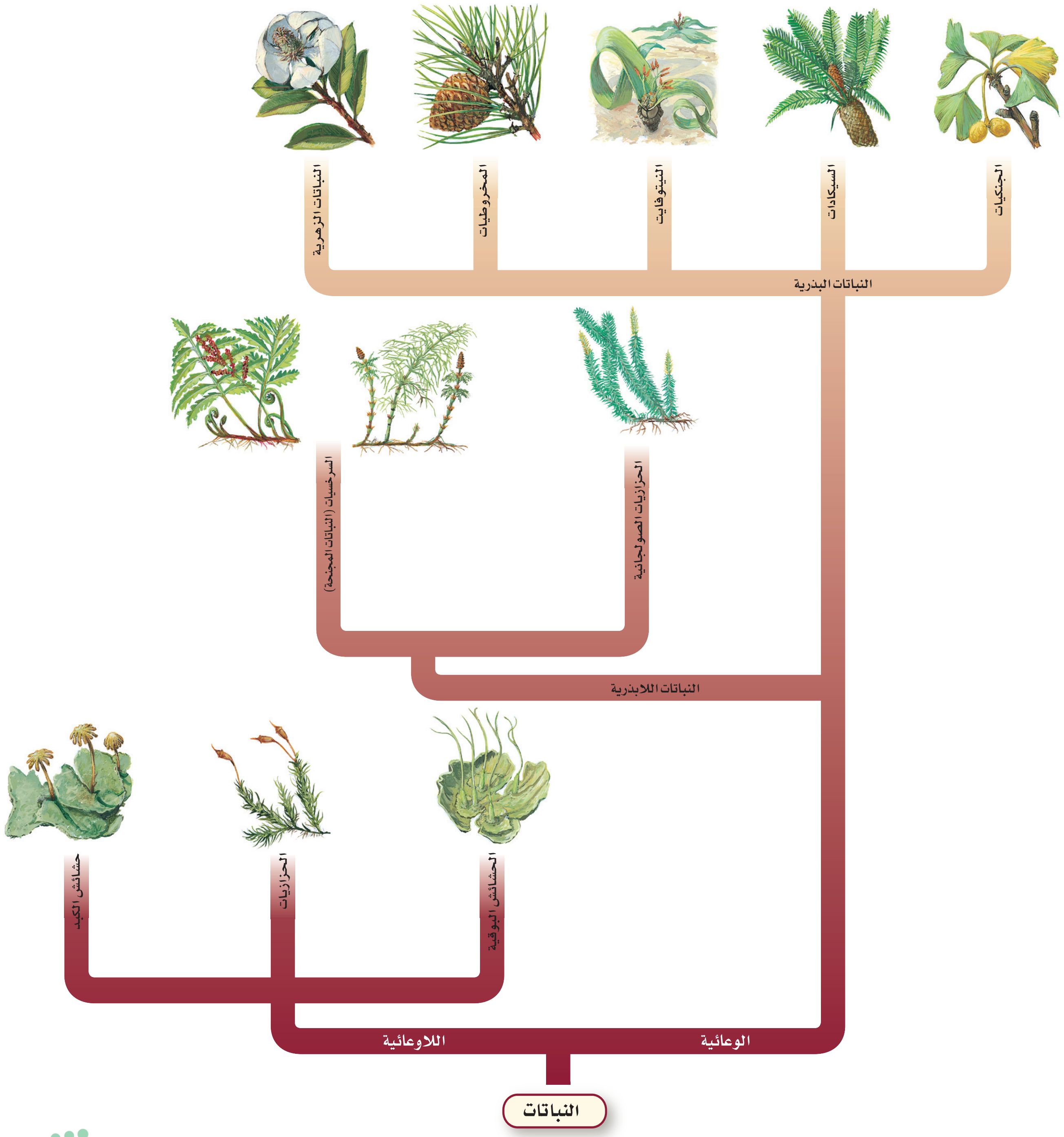
(B)

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

Plant Kingdom

المملكة النباتية

■ **الشكل 2 – 5** من طرائق تصنيف أقسام المملكة النباتية تصنيفها إلى: لاوعائية ووعائية، وإضافة إلى ذلك يمكن أن تصنف النباتات الوعائية إلى نباتات لابذرية ونباتات بذرية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ويمكن للماء وما فيه من مواد مذابة أن تنتشـــر إلى أشـــباه الجذور. وعلى الرغم من أن للحزازيات أنسجة تنقل الماء والغذاء، إلاّ أن هذه النباتات ليس لها أنسجة وعائيــة حقيقية، حيث تنقل المـــاء والمواد الأخرى خلال أجســـام الحزازيات بوساطة الخاصية الأســـموزية والانتشـــار. تُظهر الحزازيات تنوعًا في التركيب والنمو. فبعضها له ســـيقان تنمو عموديًّا، ولبعضها الآخر سيقان متدلية. وتشكّل بعض الحزازيات ســـجادًا واسعًا يســـاعد على منع تعرية التربة في المنحدرات الصخريـــة. ومع مرور الزمـــن تراكمت كميات من الحزاز الطحلبي ســـفاجنوم Sphagnum ومواد نباتية وتعفنت وشـــكّلت ترسبات عميقة كوّنت فحم الخُث (فحم البِيت) peat. حيث يمكن تقطيعه وحرقه واســـتعماله وقودًا، كما يستعمله الذين يعتنون بالأزهار للاحتفاظ بالرطوبة. يقدر العلماء أن حوالي 1% من سطح الأرض مغطى بالحزازيات. تنمو معظم الحزازيات القائمة، **الشـــكل (B) 1–5**، في المناطق المعتدلة، ويمكن لها أن تنمو فـــي درجة التجمد دون أن تتلف،كما يمكنها أن تعيش حتى بعد فقد الكثير من الماء وتستعيد نموها عند توافر الرطوبة.

ماذا قرأت؟ **وضح** كيف يتكون خث الحزازيات؟

قسم الحشائش البوقية Division Anthocerophyta يعد هذا القســـم أصغر قسم في النباتات اللاوعائية، وقد ســـميت بهذا الاسم لأن الطور البوغي فيها يشبه البوق (القرن)، **الشكل 3–5**. ينتقل الماء والمواد المغذية في الحشائش البوقية بالخاصية الأسموزية والانتشـــار. إحدى الصفات المميزة لهذه النباتات هو وجود بلاستيدة خضراء واحدة كبيرة في كل خلية من خلايا الطور المشيجي وخلايا الطور البوغي، ويمكن ملاحظة هذه الصفة بوســـاطة المجهر. وينتج النبات البوغي معظم الغذاء الذي يســـتعمله النبات المشـــيجي والنبات البوغي نفسه.تحوي أنسجة الحشائش البوقية فراغات تحيط بالخلية مملوءة بمادة مخاطية وليس بالهواء. وتنمو البكتيريا الخضراء المزرقة من نوع النُّوســـتُك Nostoc في هذا المخاط. وتظهر الحشائش البوقية والبكتيريا الخضراء المزرقة علاقة تعايش.كما في **تجربة تحليل البيانات 1–5**.

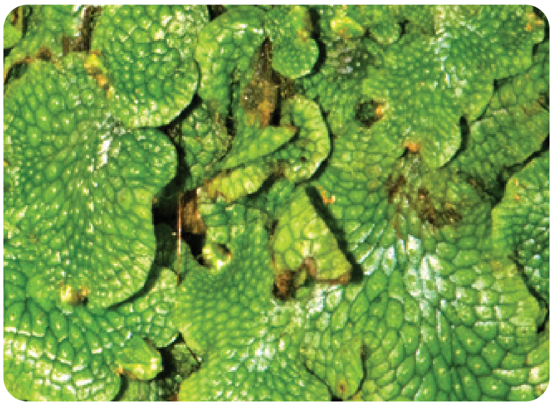
الشكل 3–5 الطور البوغي في الحشائش البوقية، وهو يشـــبه البوق (القرن) ملتحم بالطور المشيجي.

وزارة التعـــليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر تحليل البيانات 5-1

بناءً على بيانات حقيقية

كوِّن فرضية



كيف تستفيد البكتيريا الخضراء المزرقة من الحشائش البوقية؟

تكوّن البكتيريا الخضراء المزرقة من نوع نُوستُك *Nostoc* علاقات تعايش مع حشائش الكبد ومعظم الحشائش البوقية.

البيانات والملاحظات

تظهر مستعمرات *Nostoc* على صورة بقع داكنة ضمن نسيج الطور المشيجي للنبات، كما في الصورة الآتية:

التفكير الناقد

1. **كوِّن فرضية** حول الفوائد التي تحصل عليها النُّوستُك *Nostoc* من الحشائش البوقية .
2. **صمّم تجربة** لاختبار الفرضية.

أخذت البيانات في هذا المختبر من: CostaJ – Let al. 2001. Genetic diversity of *Nostoc* symbionts endophytically associated with two bryophyte species. *Appl. Envir. Microbiol.* 67: 4393 – 4396

قسم الحشائش الكبدية Hepaticophyta سُمّيت الحشائش الكبدية نظرًا لمظهرها الخارجي؛ ولأنها كانت تستعمل قديمًا في علاج أمراض الكبد. توجد في مواطن مختلفة تتراوح بين المناطق الاستوائية وحتى القطبية. تميل الحشائش الكبدية إلى النمو موازية لسطح الأرض، وتعيش في مناطق تزداد فيها الرطوبة كالتربة الرطبة، وبالقرب من الماء، أو على أخشاب متعفنة رطبة. ويستطيع قليل من الأنواع العيش في مناطق جافة نسبيًّا. وينتقل الماء والمواد المغذية في الحشائش الكبدية بواسطة الخاصية الأسموزية والانتشار كغيرها من النباتات اللاوعائية. تصنف الحشائش الكبدية إلى **الثالوسية (جسمية)** thallose أو ورقية، **الشكل 4–5**.

الشكل 4–5 يشبه شكل ثالوس الحشائش الكبدية أجزاء الكبد. للحشائش الكبدية الورقية تراكيب تشبه الأوراق ولكنها ليست أوراقًا حقيقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

فجسم الحشائش الثالوسية له تركيب مجزأ ولين، وأما الورقية **الشكل 4–5** فلها سيقان تحمل تراكيب مسطحة رقيقة تشبه الورقة. والحشائش الكبدية لها أشباه جذور، وهي وحيدة الخلايا، ولذا فهي تختلف عن الحزازيات القائمة التي لها أشباه جذور متعددة الخلايا. وقد أثبت تحليل DNA أن الحشائش الكبدية تفتقر إلى تسلسل DNA الذي لمعظم نباتات اليابسة الأخرى. ويشير هذا إلى أن الحشائش الكبدية هي أكثر نباتات اليابسة بساطة في التركيب.

التقويم 1–5

الخلاصة

- توزيع النباتات اللاوعائية محدَّد بقدرتها على نقل الماء والمواد الأخرى داخلها.
- الحزازيات القائمة نباتات صغيرة تستطيع العيش في بيئات مختلفة.
- تعتمد الحزازيات على الخاصية الأسموزية والانتشار لنقل المواد.
- هناك نوعان من الحشائش الكبدية، هما الثالوسية والورقية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخّص** خصائص الحزازيات القائمة.
2. **حدّد** العوامل البيئية التي ربما أثرت في تكيف تراكيب النباتات اللاوعائية.
3. **ميّز** بين الحشائش الكبدية والحشائش البوقية.
4. **عمِّم** القيمة الاقتصادية للحزازيات.

التفكير الناقد

5. **طبّق** ما تعرفه عن الخاصية الأسموزية والانتشار لتفسير سبب صغر حجم النباتات اللاوعائية عادةً.
6. **توقّع** التغيرات التي قد تحدث على المستوى الخلوي عندما يجف الحزاز القائم.
7. **قارن** بين مواطن الحزازيات القائمة والحشائش البوقية والحشائش الكبدية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

5-2

النباتات الوعائية اللابذرية

Seedless Vascular Plants

الأهداف

- **تحدّد وتحلّل** خصائص النباتات الوعائية اللابذرية.
- **تقارن** خصائص قسم النباتات الصولجانية وقسم السرخسيات.

مراجعة المفردات

البوغ Spore: خلية تكاثرية أحادية المجموعة الكروموسومية ولها غلاف خارجي صلب، ويمكن أن تنتج مخلوقًا حيًّا جديدًا دون أن تتحد بالمشيج.

المفردات الجديدة

الحامل البوغي
النبات الهوائي
الرايزوم
محفظة الأبواغ
الكيس البوغي

الفكرة الرئيسة **النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية؛ لأنها تحوي أنسجة وعائية.**

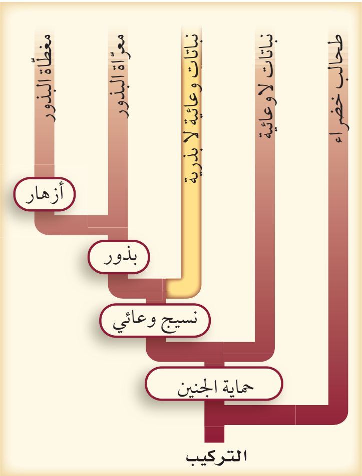
الربط مع الحياة يتدفق الماء من الصنبور عندما تفتحه، فتستعمله للشرب أو لتنظيف الأسنان أو لغسل الأشياء. إن نظام أنابيب الماء في المنزل يحمل إليك الماء من مناطق مختلفة. ويمكن النظر إلى الأنسجة الوعائية على أنها نظام أنابيب للنبات؛ لأنها تنقل الماء والمواد المذابة خلال جسم النبات.

تنوع النباتات الوعائية اللابذرية

Diversity of Seedless Vascular Plants

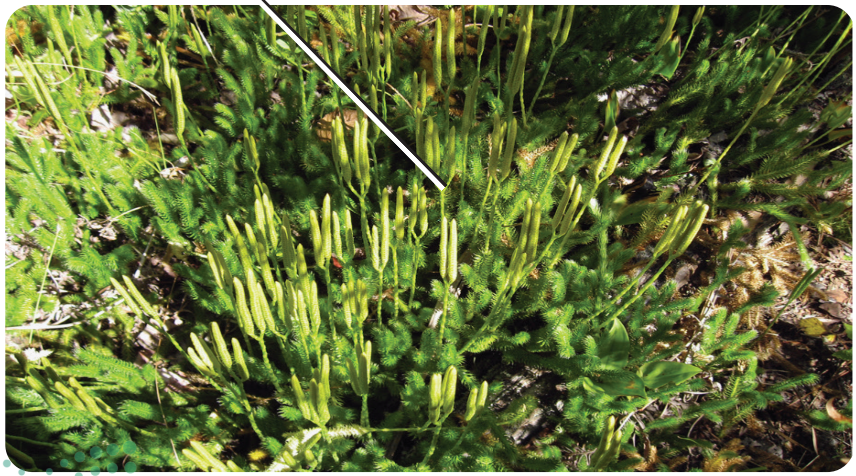
تشكل الحزازيات الصولجانية ـ التي تُسمى أيضًا حزازيات السنبلة ـ مع السرخسيات مجموعة النباتات الوعائية اللابذرية، وتختلف الحزازيات الصولجانية عن الحزازيات التي وردت في القسم السابق. وتشكل هذه المجموعة، **الشكل 5–5**، واحدة من ثلاث مجموعات نباتية لها أنسجة وعائية. حيث تظهر النباتات الوعائية اللابذرية تنوعًا كبيرًا في الشكل والحجم، تكون في العادة طولها أقل من 30 cm، وفي بعض الغابات الأستوائية تستطيع السرخسيات النمو إلى 25 cm. وبغض النظر عن الحجم، فإن الطور البوغي في بعض النباتات الوعائية اللابذرية حباه الله تكيفًا يُسمى **حاملًا بوغيًّا** strobilus وهو تجمّع متراصّ من التراكيب الحاملة للأبواغ. وتنتشر الأبواغ الصغيرة التي ينتجها الحامل البوغي عادة بوساطة الرياح، وعندما يستقر البوغ في بيئة مناسبة، فإنه ينمو ليشكّل النبات المشيجي.

الشكل 5 – 5 تُنتج النباتات الوعائية اللابذرية – مثل الحزاز الصولجاني المسمى مخلب الذئب – أبواغًا في مخاريط بدلًا من البذور.



(A) التركيب التصنيفي للنباتات الوعائية اللابذرية

حامل أبواغ



(B) مخلب الذئب ***Lycopodium sp***

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

سيلانجينيلا

■ **الشكل 5–6** يتبع هذا الحزاز الصولجاني إلى جنس سيلانجينيلا.

قسم النباتات الصولجانية Division Lycophyta تشير الأدلة من الأحافير إلى أن النباتات الصولجانية شكّلت جزءًا كبيرًا من الغطاء النباتي للغابات، فبعضها يصل طوله إلى 30 m. وعندما مات هذا الغطاء النباتي تحولت بقاياه مع مرور الزمن وأصبحت في النهاية جزءًا من الفحم الحجري الذي يستخرجه الإنسان من أجل الوقود. إن الطور البوغي للنباتات الصولجانية هو السائد على عكس الحزازيات الحقيقية، وهو يشبه الطور البوغي للحزازيات. وتراكيبها التكاثرية التي تُنتج الأبواغ تكون صولجانية الشكل أو تشبه السنبلة، **الشكل 5 – 1**. للحزازيات الصولجانية جذور وسيقان، ولها تراكيب حرشفية صغيرة تشبه الأوراق (أشباه أوراق). وتسمى أيضًا الصنوبريات الأرضية لأنها تشبه أشجار صنوبر صغيرة. وتكون سيقانها إما متفرعة أو غير متفرعة، وتنمو إما عموديًّا أو زاحفة على سطح التربة. وجذورها تنمو من قاعدة الساق. كما يمتد عرق من النسيج الوعائي في منتصف كل ورقة حرشفية. تنتمي معظم الحزازيات الصولجانية إلى جنسين، هما: ليكوبوديوم *Lycopodium* وسيلانجينيلا *Selanginella*، **الشكلين 5–6، 5–5 /B**. ففي الجنس *Selanginella* يحتوي حامل الأبواغ على نوعين من الأبواغ (الكبيرة والصغيرة)، أما الجنس الثاني *Lycopodium* فالأبواغ الكبيرة والصغيرة محمولة على حوامل بوغية منفصلة. ومعظم أنواع الحزازيات الصولجانية نباتات هوائية. **والنبات الهوائي** epiphyte نبات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسم آخر. وعندما تنمو النباتات الهوائية عند قمم الأشجار تصبح بيئة أخرى مناسبةً للحشرات والحيوانات الصغيرة عند قمة أشجار الغابة.

✔ ماذا قرأت؟ **حدّد** أهمية النباتات الصولجانية الاقتصادية.

قسم السرخسيات (النباتات المجنحة) Division Pterophyta يضم هذا القسم الخنشاريات والنباتات المجنحة. لقد وضعت النباتات المجنحة (ذيل الحصان) ذات مرة في قسم خاص بها، لكن الدراسات الكيميائية الحيوية الحديثة بينت أنها ذات علاقة قوية بالسرخسيات، لذا يجب أن تجمع معها.

■ **الشكل 5–7** الخنشاريات مجموعة متنوعة من النباتات تعيش في بيئات عديدة.

الخنشار المائي *Azolla* يعيش تكافليًّا مع البكتيريا الخضراء المزرقة.

تنتشر أشجار الخنشار بشكل كبير ضمن الغابات الاستوائية.

ينمو نبات قرن الأيل بوصفه نباتًا هوائيًّا على النباتات الأخرى.

ينمو الخنشار *Dryopteris* على أفضل صورة في البيئات الجافة الظليلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الطور البوغي المكتمل النمو للخنشار

الطور البوغي والطور المشيجي للخنشار

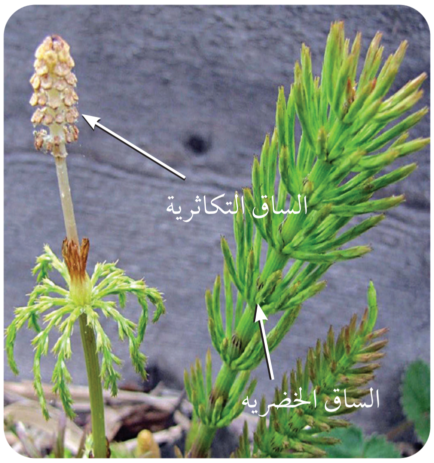
الربط مع علوم الأرض كانت الخنشاريات خلال الحقبة الطباشيرية - منذ 359 – 300 مليون سنة - أكثر نباتات اليابسة وفرة. فقد وجدت غابات واسعة من الخنشاريات التي تشبه الأشجار، وقد أنتج بعضها تراكيب تشبه البذور. ينمو الخنشار في بيئات مختلفة وعديدة. وعلى الرغم من أنه غالبًا يعيش في البيئات الرطبة، إلا أنه يستطيع العيش في الظروف الجافة. وعندما يكون الماءُ نادرًا، تتباطأ العمليات الحيوية لبعض أنواع الخنشار لدرجة يبدو معها ميتًا. وعندما يتوافر الماء مرة أخرى يستأنف الخنشار نموه. ويبين **الشكل 7–5** أمثلة لخنشاريات تنمو في بيئات متباينة.

يكون الطور المشيجي الدقيق أصغر من الدبوس عادة، فهو ينمو من بوغ، وله تراكيب تكاثرية ذكرية وأخرى أنثوية. وبعد الإخصاب ينمو الطور البوغي من الطور المشيجي، ويكون معتمدًا عليه لفترة وجيزة. أحد تكيفات الخنشار التي تمكنه من العيش في المناطق الجافة إنتاج الطور البوغي دون إخصاب. وأخيرًا يكوّن الطور البوغي جذوراً، وساقاً سميكة تحت الأرض تسمى **الرايزوم** rhizome، وهو عضو لخزن الغذاء. تموت التراكيب الواقعة فوق سطح التربة لبعض أنواع الخنشار في نهاية فصل النمو. وعندما يبدأ النمو يتحلل الرايزوم المُخزن للغذاء ليُحرر الطاقة الضرورية اللازمة لهذا النمو. إن الجزء المألوف من الخنشار هو تراكيبه الورقية التي تقوم بعملية البناء الضوئي تُسمى الأوراق (السعفة)، **الشكل 8–5**. تشكل هذه الأوراق جزءًا من الطور البوغي للخنشار، وبها أنسجة وعائية متفرعة، وهي شديدة التباين في الحجم.

تتكون أبواغ الخنشار في تراكيب تُسمى **مَحفظة الأبواغ** sporangium، وتكوّن تكتلات المحافظ **كيسًا بوغيًّا** (بثرة) sorus. وتقع الأكياس البوغية عادة على السطح السفلي للأوراق، **الشكل 9–5**.

الشكل 8–5 يختلف كل من الطور البوغي والطور المشيجي اختلافًا واضحًا في الحجم والمظهر. فالطور البوغي الناضج للخنشار أكبر مرات عديدة من الطور المشيجي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



ذيل الحصان

خنشار عش الطائر

■ **الشكل 9–5** تحتوي الأكياس البوغية في خنشار عش الطائر على أبواغ تشكل خطوطًا على السطح السفلي للورقة. وتنتج بعض نباتات ذيل الحصان نوعين مختلفين من السيقان في الطور البوغي: خضرية وتكاثرية.

ويبين **الشكل 9–5** كذلك التركيب النموذجي لذيل الحصان، وهو ساق جوفاء مضلعة عليها دوائر من أوراق حرشفية. ويُنتج ذيل الحصان الأبواغ في مخاريط عند قمة الساق التكاثرية، كما هو الحال في الحزازيات الصولجانية. وعندما تنطلق أبواغ ذيل الحصان في البيئة المناسبة فإنها تنمو إلى نبات مشيجي. ومن الأسماء الشائعة لذيل الحصان نباتات التنظيف؛ لأنها كانت تستعمل غالبًا في تنظيف القدور وأواني الطبخ في الأزمنة القديمة. ويحتوي ذيل الحصان وهو نبات صغير الحجم على مادة كاشطة تُسمى السيليكا، تستطيع أن تشعر بها عندما تحك إصبعك على طول ساق النبات. وينمو معظمه في المناطق الرطبة كالسبخات والمستنقعات وضفاف الجداول. وتنمو بعض أنواعه في التربة الجافة في الحقول وجوانب الطرق فقط؛ لأن جذورها تنمو في التربة المشبعة بالماء الواقعة تحتها.

التقويم 2–5

الخلاصة

- للنباتات الوعائية اللابذرية أنسجة وعائية متخصصة، وتتكاثر بالأبواغ.
- النبات البوغي هو الطور السائد في النباتات الوعائية.
- النباتات الصولجانية والسرخسيات نباتات وعائية لابذرية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **اعمل جدولاً** تبين فيه خصائص مجموعات النباتات الوعائية اللابذرية.
2. **قارن** بين أفراد الطور البوغي وأفراد الطور المشيجي في النباتات الوعائية والنباتات اللاوعائية.
3. **استنتج** أهمية الاعتماد المبدئي للطور البوغي في الخنشار على الطور المشيجي.

التفكير الناقد

4. **صمّم** تجربة يمكن أن تختبر بها قدرة الطور المشيجي للخنشار على النمو في تُرب مختلفة.
5. **قوّم** فوائد تفرّع الأنسجة الوعائية في أوراق الخنشار.
6. **ارسم** مخطط فن تظهر فيه خصائص الحزازيات الصولجانية والسرخسيات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

5-3

النباتات الوعائية البذرية
Vascular Seed Plants

الأهداف
- **تقارن** بين خصائص النباتات البذرية.
- **تحدِّدُ** أقسام النباتات معرّاة البذور.
- **تلخص** دورة حياة النباتات الزهرية.

مراجعة المفردات

التكيف Adaptation: صفة موروثة تنتج عن استجابة المخلوق الحي لعامل بيئي ما.

المفردات الجديدة

الفلقة
المخروط
السنوي
ثنائية الحول
المعمّر

الفكرة الرئيسة النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.

الربط مع الحياة عندما تكتب رسالة فإنك تضعها في مغلف؛ أملاً في حمايتها. وكذلك تحمي البذرة النبات البذري الجديد إلى أن تصبح الظروف البيئية ملائمة للنمو.

تنوع النباتات البذرية Diversity of Seed Plants

تُنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحتوي كل واحدةٍ منها عادة على طور بوغي صغير يحيط به نسيج لحمايته. وللبذور **فلقة** cotyledon واحدة أو أكثر. والفلقة تركيب يخزن الغذاء أو يساعد النبات البوغي الصغير على امتصاص الغذاء. وتُسمى النباتات التي تشكّل بذورها جزءًا من الثمرة بالنباتات مُغطاة البذور. وتُسمى النباتات التي لا تشكّل بذورها جزءًا من الثمرة بالنباتات مُعراة البذور. للنباتات البذرية مجموعة من التكيفات لانتشار البذور في البيئة كما في **الشكل 10-5**. ويُعدّ الانتشار مهمًّا؛ لأنه يمنع التنافس بين النباتات الجديدة وآبائها، أو بين الأبناء أنفسها. الطور البوغي هو السائد في النباتات البذرية، وهو الذي ينتج الأبواغ التي تنقسم انقسامًا منصفًا لتشكّل النبات المشيجي المذكر (حبوب اللقاح) والنبات المشيجي المؤنث (البويضات). ويتكون كل نبات مشيجي مؤنث من بويضة واحدة أو أكثر تحيط بها أنسجة واقية. ويعتمد الطوران المشيجيان معًا على الطور البوغي في بقائهما.

الشكل 10–5 افحص هذه التكيفات التركيبية لانتشار البذور.

الكَوْكَل الشائك (Cocklebur) له خطاطيف يمكن أن تتعلق بفراء الحيوانات أو ملابس الإنسان.

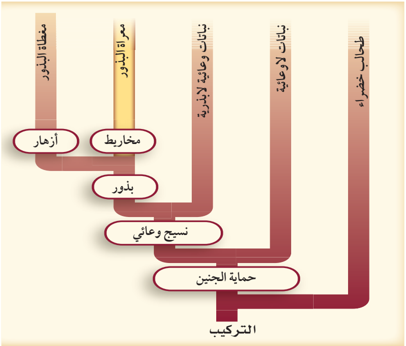
يستطيع نبات بندق الساحرة (Witch hazel) أن يقذف بذرتيه أكثر من 12 m بعيدًا عن النبات الأم.

لبذور الصنوبر تراكيب تشبه الأجنحة تمكّنها من الانتقال بوساطة الرياح.

تستطيع ثمرة جوز الهند، والبذرة بداخلها، أن تطفو لمسافات كبيرة مع تيارات المحيط.

تساعد تراكيب تشبه المظلة على انتشار بذور حشائش الحليب (Milk weed).

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشـكل 11–5** يبين مخطط العلاقات التركيبية أعلاه أن المخاريط كانت تكيفًا مبكرًا – وهبها الله لها – مع الظروف البيئية.

يُعد الماء ضروريًا لوصول المشيج المذكر إلى البويضة في كل من النباتات اللاوعائية والوعائية اللابذرية، في حين لا تحتاج معظم النباتات الوعائية البذرية إلى وجود طبقة رقيقة من الماء لهذه العملية. وهذا فرق مهم بين النباتات البذرية والنباتات الأخرى. ويمكّن هذا التكيف النباتات البذرية من العيش في بيئات مختلفة، ومنها تلك المناطق التي يندر فيها وجود الماء.

قسم نباتات السيكادات Division Cycadophyta يحتوي **المخروط** cone على التراكيب التكاثرية الذكرية والأنثوية لنباتات السيكادا وللنباتات المعرّاة البذور الأخرى **الشكل 11–5**. وينتج المخروط الذكري غيمة من حبوب اللقاح التي تكوّن النباتات المشيجية الذكرية، في حين تحتوي المخاريط الأنثوية على النباتات المشيجية الأنثوية. فقد يصل طول مخاريط السيكادا 1m، وتزن حوالي 35 kg. وتنمو المخاريط الذكرية والمخاريط الأنثوية على نباتات سيكادا منفصلة.

يعتقد بعض الناس أن نباتات السيكادا قريبة من أشجار النخيل؛ لأن لها أوراقًا كبيرةً مقسمة، وبعضها قد ينمو حتى يصل طولها إلى أكثر من 18 m. لكن السيكادا لها تراكيب واستراتيجيات تكاثر مختلفة عن النخيل. فرغم أنها تشابه الأشجار الخشبية إلا أن لها ساقًا طرية تتكون غالبًا من نسيج خازن، **الشكل 12–5**.

البيئات الطبيعية للسيكادا هي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. انتشرت نباتات السيكادا بوفرة منذ 200 مليون سنة، ولكن يوجد منها الآن حوالي 11 جنسًا و250 نوعًا فقط.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين مخروط السيكادا وحامل الأبواغ في النباتات اللابذرية.

■ **الشـكل 12–5** يوضح الساق الطرية والأوراق المقسمة لنبات السيكادا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

قسم نباتات النيتوفايت Division Gnetophyta من النباتــات المعراة البذور، وتســتطيع النباتات في هذا القســم أن تعيش بين 2000 – 1500 سنة. وهناك ثلاثة أجناس فقط من هذه النباتات، يبدي كلٌّ منها تكيفات تركيبية غير عادية للبيئة. إذا كنت قد تناولت دواءً للرشح أو الحساسية فإنه قد يحتوي على مادة إفيدرين - وهو مركــب يوجد بصورة طبيعية في جنس إفيــدرا Ephedra من نباتات النيتوفايت. ويشمل الجنس Gnetum نحو 30 نوعًا من أشجار استوائية ونباتات متسلقة تشبه ســيقان العنب. أما الجنس الثالث المتبقي Welwitschia فله نوع واحد ومظهره غريب تمامًا، **الشكل 13–5**، ويوجد خصوصًا في صحاري جنوب غرب إفريقيا. ولهذا النبات جذور خازنة كبيرة وورقتان تســتمران في النمو، وقد يصل طولهما إلى أكثر مــن 6 m. ويحصل نبات Welwitschia علــى الرطوبة من الضباب أو الندى أو المطر بوساطة أوراقه.

قسم النباتات الجنكيّة Division Ginkgophyta يشــمل هذا القسم نوعًا واحدًا فقط هو جينكو بيلوبا Ginkgo biloba؛ إذ اكتشــف احفــورة له في مطلع القرن التاسع عشر، وهي أحد أقسام النباتات المعراة البذور.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الأخشاب Wood Scientist

هو الشــخص الذي يهتم بجانب أو أكثر في عملية تحويل الخشــب إلى منتجــات أخشــاب أخرى. ويستطيع عالِم الأخشاب أن يجري البحــوث ويعمــل في الصناعــة بوصفــه مطــورًا للمنتجــات أو العمليات أو ضابطًـا للنوعية أو الإنتاج أو مهندسًا أو مديرًا.

الشــكل 13–5 تحرك الريــح أوراق نبــات Welwitschia، ممــا يــؤدي إلى تشققها عدة مرات، بحيث تبدو الورقتان كأنها أوراق عديدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة علمية

كيف تتكاثر السرخسيات والحزازيات والمخروطيات؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

لهذه الشجرة المتميزة أوراق صغيرة تشبه المروحة، وهي مثل السيكادا لها أجهزة تكاثرية ذكرية وأنثوية على نباتات منفصلة. وتنتج الشجرة المذكّرة حبوب اللقاح في مخاريط تنمو من قاعدة تجمعات الأوراق، **الشكل 14–5**. في حين تنتج الشجرة المؤنثة مخاريط تعطي عند إخصابها بذرة ذات غلاف لحميّ ذي رائحة نتنة، **الشكل 14–5**. ولأنها تتحمل التلوث لذا فإنها مألوفة للمزارعين ومطوري الأراضي في المدن. لكن الشجرة المذكرة مفضلةٌ أكثر عادة؛ لأنها لا تعطي المخاريط اللحمية النتنة الرائحة.

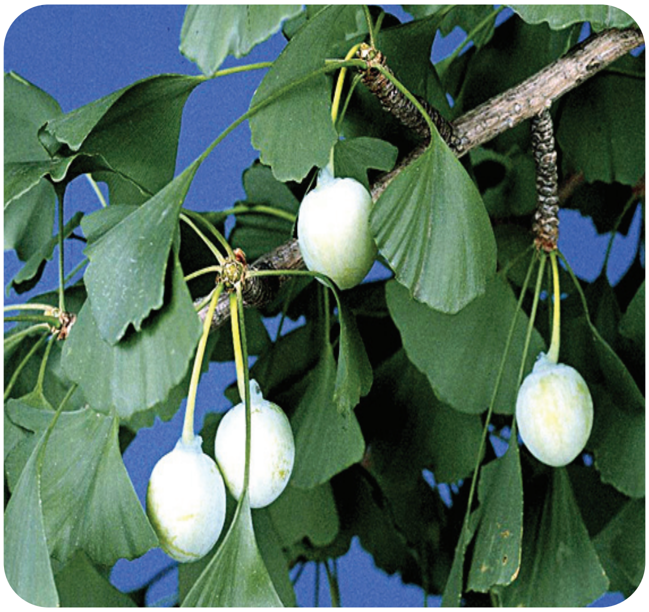
قسم النباتات المخروطية Division Coniferophyta تتباين المخروطيات في الحجم من شجيرات قصيرة طولها بضعة سنتمترات إلى أشجار باسقة يزيد طولها عن 50 m، ويُعد الصنوبر والسرو والتنوب والخشب الأحمر والعرعر والعاذر أمثلة على المخروطيات. والمخروطيات أهم النباتات المعرّاة البذور من الناحية الاقتصادية؛ فهي مصدر للأخشاب ولبّ الورق والمواد الراتنجية مثل زيت التربنتين.

تنمو التراكيب التكاثرية لمعظم المخروطيات في مخاريط. ومعظم المخروطيات لها مخاريط مذكرة ومخاريط مؤنثة على أغصان مختلفة من الشجرة أو الشجيرة نفسها. وتُنتج المخاريط الذكرية الصغيرة حبوب اللقاح، في حين تبقى المخاريط الأنثوية الكبيرة على النبات إلى أن تنضج البذور. وتتكون المخاريط الذكرية من حراشف تكاثرية تحتوي على المئات من محافظ الأبواغ، حيث تنقسم الخلايا داخل هذه الأبواغ انقسامًا منصّفًا لتكوّن أبواغ صغيرة. تتألف حبوب اللقاح – الطور المشيجي للنبات – من أربعة خلايا تنمو من البوغ الصغير. وتنتشر حبوب اللقاح هذه عن طريق الرياح.

الشكل 14–5 تنمو التراكيب الذكرية والأنثوية للنباتات الجنكية من قاعدة تجمعات الأوراق ولكن على أشجار مختلفة.

توقع. **كيف تنتقل حبوب اللقاح إلى التراكيب التكاثرية الأنثوية؟**

تراكيب تكاثرية ذكرية



تراكيب تكاثرية أنثوية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ويمكن استعمال خصائص المخاريط الأنثوية، **الشكل 15-5**، لتحديد المخروطيات؛ حيث تبدي هذه المخروطيات تكيفات لبيئاتها مثل كل النباتات. فما العلاقة التي يمكن استنباطها من كون معظم المخروطيات لها أغصان متدلّية، والعديد منها ينمو في المناخ الكثير الثلوج؟ ومن التكيفات الأخرى وجود طبقة شمعية خارجية من الكيوتين تغطي أوراق المخروطيات الإبرية أو الحرشفية وتقلّل من فقد الماء.

عندما تسمع عبارة "دائمة الخضرة" فهل تفكر في الصنوبر أو المخروطيات الأخرى؟ معظم النباتات في المناطق المعتدلة الشمالية التي تسمى دائمة الخضرة مخروطيات. وفي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية هناك نباتات أخرى دائمة الخضرة ـ منها شجرة نخيل جوز الهند. ويعرِّف علماء النبات النباتات الدائمة الخضرة بأنها نباتات لها أوراق خضراء طوال أيام السنة. ويتيح لها هذا التكيف أن تقوم بعملية البناء الضوئي عندما تكون الظروف مناسبة. ويُسمى النبات الذي يفقد أوراقه في نهاية فصل النمو أو عندما تقل الرطوبة كثيرًا نباتًا متساقط الأوراق. وبعض المخروطيات- ومنها اللاركس والسرو الأصلع - متساقطة الأوراق. ويمكن تحديد نوع النبات المخروطي من أوراقه إذا كان دائم الخضرة أو متساقط الأوراق، كما هو موضح في **التجربة 1-5**.

تجربة 1 - 5

استقصِ أوراق المخروطيات

ما أوجه الاختلاف والتشابه بين أوراق المخروطيات؟

تُعَدّ بعض أشجار المخروطيات من أطول المخلوقات الحية على الأرض وأقدمها. ولمعظم المخروطيات أوراق إبرية يختلف بعضها عن بعض. وتعد خصائص الأوراق مهمة في تعرُّف المخروطيات.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على واحدة من كل عينة من النباتات المخروطية التي حددها معلمك، ثم سمها.
3. صمّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
4. قارن بين الأوراق، وأعدّ قائمة بالخصائص المهمة في وصف كل عينة من المخروطيات، وسجلها.
5. طوِّر نظامًا لتصنيف عينات المخروطيات وكن مستعدًّا للدفاع عن نظامك التصنيفي.
6. اغسل يديك جيدًا بعد التعامل مع عينات النبات.

التحليل

1. **وضح** المنطق في نظامك التصنيفي.
2. **قارن** نظامك التصنيفي بما وضعه زملاؤك. واشرح لماذا يُعد نظامك فعالاً في تصنيف عينات المخروطيات التي درستها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التنوب (Pacific yew) - مخاريط لحمية

العرعر (Juniper) - مخاريط عنبية

الصنوبر (Pine) - مخاريط خشبية

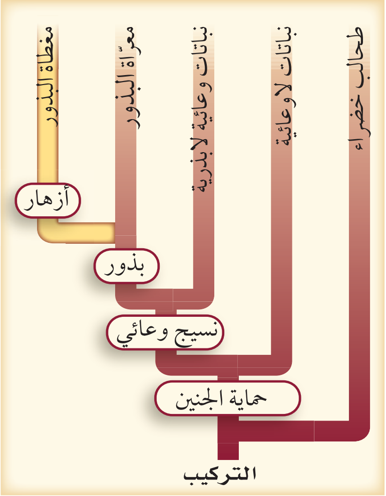
■ **الشكل 15–5** يمكن أن توصف مخاريط المخروطيات الأنثوية بأنها خشبية أو لحمية أو عِنَبية.

قسم النباتات الزهرية Division Anthophyta تعد النباتات الزهرية أوسع النباتات انتشارًا بسبب تكيفاتها التي وهبها الله سبحانه وتعالى لها لتتمكن من النمو في البيئات اليابسة والمائية. وتسمى النباتات الزهرية أيضًا مغطاة البذور، **الشكل 16–5**.

وتشكّل النباتات الزهرية اليوم حوالي 75% من المملكة النباتية. صنَّف العلماء النباتات الزهرية بطريقة تقليدية إلى ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين. وتشير الأسماء إلى عدد الفلقات في بذورها؛ فالأحادية الفلقة لها فلقة واحدة، وأما الثنائية الفلقة فلها فلقتان.

دورات الحياة تتراوح دورات حياة النباتات الزهرية بين عدة أسابيع أو سنوات. فالنبات **السنوي** annual يكمل دورة حياته – أيْ ينمو من بذرة، ويكبر وينتج بذورًا جديدة ثم يموت – في فصل نمو واحد أو أقل، وتضم هذه المجموعة الكثير من نباتات الحديقة ومعظم الأعشاب.

تمتد دورة حياة النبات **ثنائي الحول** biennial على مدى عامين؛ فهو يُنتج الأوراق، وله نظام جذري قوي خلال السنة الأولى، **الشكل 17 -5**. وتنتج بعض النباتات ثنائية الحول - ومنها الجزر واللفت والشمندر - جذورًا لحمية خازنة يمكن جمعها بعد فصل النمو الأول، فإذا لم تجمع فإن جزء النبتة الموجود فوق سطح التربة يموت، لكن الجذور وبعض الأجزاء تحت سطح التربة تبقى حية في حول ثاني لأنها تكيفت مع بيئاتها. وفي السنة الثانية تنمو السيقان والأوراق والأزهار والبذور، وهكذا تمتد حياة النبات إلى عام آخر وتنتهي بنهاية العام الثاني.



■ **الشكل 16–5** النباتات الزهرية من أكثر أقسام المملكة النباتية انتشارًا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

النمو في السنة الأولى

النمو في السنة الثانية

تستطيع النباتات **المعمّرة** perennial العيش سنوات عديدة، بما وهبها الخالق سبحانه وتعالى من مميزات. وعادة ما تنتج أزهارًا وبذورًا كل عام. وتستجيب بعض النباتات المعمّرة للظروف القاسية بإسقاط أوراقها، وإلا فإن تراكيبها فوق سطح الأرض سوف تموت. وهي تستأنف النمو عندما تصبح الظروف البيئية مناسبة للنمو. وتعد أشجار الفواكه والشجيرات وأزهار السوسن والورد والعديد من أنواع النباتات العنبية نباتات معمّرة.

ويتم التحكم في دورة حياة النباتات جميعها وراثيًّا، وهي تعكس التكيفات لمقاومة الظروف القاسية. ومع ذلك فإن دورات حياة النباتات جميعها تتأثر بظروف البيئة.

الشكل 17–5 زهرة الربيع المسائية (Evening primrose) ثنائية الحول وتنتج أوراقًا وساقًا تحت الأرض وجذورًا في فصل النمو الأول، وتزهر في السنة الثانية من النمو.

التقويم 3–5

الخلاصة

- تنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحوي الطور البوغي.
- تظهر النباتات الوعائية البذرية عددًا من التكيفات للعيش في بيئات مختلفة.
- هناك خمسة أقسام للنباتات الوعائية البذرية، ولكل قسم صفاته المميزة.
- النباتات الزهرية إما سنوية أو ثنائية الحول أو معمرة.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** مميزات النباتات التي تنتج البذور.
2. **قارن** بين بذور النباتات المعرّاة وبذور النباتات المغطاة.
3. **ميّز** بين المخروط الذكري والمخروط الأنثوي للمعرّاة البذور.
4. **حدّد** أقسام المعرّاة البذور.
5. **قارن** بين ذات الفلقة الواحدة وذات الفلقتين.
6. **قارن** بين الأنواع الثلاثة لدورات حياة النباتات الزهرية.

التفكير الناقد

7. **قوّم.** رأى مزارع يبيع أشجار الزينة إعلانًا يقول "السرو الأصلع هو طريقك الأفضل لربح سريع. ازرع هذه الأشجار السريعة النمو واحصدها في خمس سنوات فقط". فهل تشكّل هذه الأشجار محصولاً مربحًا للمُزارع؟ وضح ذلك.
8. الرياضيات في علم الأحياء أصغر نبات مزهر طوله 1 mm فقط، في حين ينمو أطول نباتات المخروطيات حتى يصل إلى 90 m. فكم مرة يساوي طولُ هذا النبات طولَ أصغر النباتات الزهرية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

إثراء علمي

مهنة في علم الأحياء: علم حبوب اللقاح الجنائي

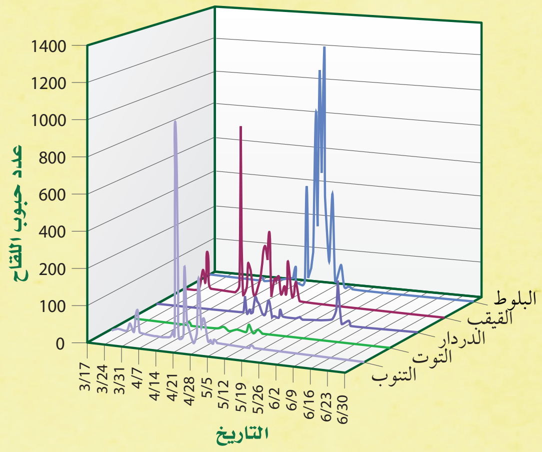
الدليل في حبوب اللقاح

يَستعمل علم حبوب اللقاح الجنائي - وهو علم حديث نسبيًّا - حبوبَ اللقاح والأبواغ دليلاً في القضايا الجنائية لمساعدة الشرطة على حل الجرائم. وفي إحدى القضايا، هوجم أحد الرياضيين وسُحب إلى منطقة حرجية ثم قُتل هناك. فاستجوبت الشرطة متهمًا رئيسًا أفاد بأنه كان في المنطقة، لكنه لم يرَ الرياضيّ، ولم يدخل المنطقة الحرجية حيث وجدت الجثة، فهل كان يقول الحقيقة؟

دليل الإدانة تحوي التربة المأخوذة من مسرح الجريمة كميات كبيرة من حبوب لقاح الصنوبر وأبواغ الخنشار. وأثبت المسح الميداني أنه لا يوجد أي موقع آخر قريب يحتوي على أشجار الصنوبر والخنشار. وعندما فتشت الشرطة شقة المتهم وجدت ملابس يعتقد أن المتهم كان يرتديها أثناء ارتكابه الجريمة. وأثبت الفحص، الذي قامت به عالمة حبوب لقاح وجود حبوب لقاح الصنوبر على ملابس المتهم. وفي النهاية حوكم المتهم، وأُدين بارتكاب الجريمة.

عالِم حبوب اللقاح في موقع الجريمة يجمع المحققون أنواعًا مختلفة من الأدلة من موقع الجريمة، ومن ذلك بصمات الأصابع. فهل يستطيع عالِم حبوب اللقاح أن يجمع بصمات الأصابع؟ الجواب، نعم، بطريقة ما. فكل نوع من النباتات البذرية ينتج حبوب لقاح فريدة يمكن النظر إليها على أنها "بصمات" مميزة للنوع، وتستعمل في تحديد هويته. وكذلك يحتوي الغبار والتربة في أغلب الأحيان على كميات كبيرة من حبوب اللقاح والأبواغ. كما تعمل الألياف في نسيج الملابس عمل مرشّحات تلتقط حبوب اللقاح والأبواغ. ويمكن أيضًا أن تحتجز خصلة من الشعر حبوب اللقاح التي تحملها الرياح.

عدد حبوب اللقاح في موقع الجريمة



علم حبوب اللقاح الجنائي يمكن أن تساعد دراسة حبوب اللقاح المحققين على اختصار قائمة المتهمين، مما يجعلها أداة استقصاء قيمة. ولأنها تتطلب معرفة واسعة وتدريبًا على جمع العينات وحفظها دون تلوث، لذا فإن علم حبوب اللقاح الجنائي يعد علمًا متخصصًا.

الرياضيات في علم الأحياء

فسّر الرسم البياني افحص الرسم البياني لعدد حبوب لقاح الأشجار. ما نوع حبوب اللقاح التي تتوقع وجودها في 4/14، وفي 5/19، وفي 6/2؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

استقصاء ميداني: كيف تتعرف هوية الأشجار وتصنّفها؟

الخلفية النظرية: يستعمل علماء النبات والمهتمون بالنباتات عادة دليلًا ميدانيًّا ومفتاح تصنيف ثنائي التفرع لتعرّف النباتات. وسوف تستعمل في هذا المختبر، دليلًا ميدانيًّا لتعرّف النباتات في منطقة ما، ثم ستعد بعد ذلك مفتاحك التصنيفي الثنائي التفرع لتحدد النباتات في منطقتك.

سؤال: ما الخصائص التي يمكن استعمالها لتعرّف الأشجار وبناء مفتاح ثنائي التفرع لها؟

المواد والأدوات

- دليل ميداني للأشجار (في منطقتك).
- مسطرة مترية.
- عدسة مكبرة.

احتياطات السلامة

***تحذير:** ابق ضمن منطقة الدراسة واحذر النباتات والحشرات والمخلوقات الحية الأخرى التي يمكن أن تشكل خطرًا.*

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ادرس الدليل الميداني الذي زوّدك به معلمك، وحدّد طريقة تنظيمه.
3. اكتب قائمة بالخصائص التي تساعدك على تعرّف الأشجار في منطقتك بناءً على قراءتك للدليل الميداني، وما تعلمته عن خصائص النباتات في هذا الفصل.
4. اعمل جدول بيانات بناءً على القائمة التي أعددتها في الخطوة 3.
5. استعمل الدليل الميداني في تعرّف إحدى الأشجار في منطقتك. وتحقق من ذلك مع معلمك.
6. سجل في جدول بياناتك خصائص الشجرة التي حددتها.
7. أعد الخطوتين 6، 5 إلى أن تحدد الأشجار المطلوبة كلها في هذا المختبر.
8. راجع جدول البيانات، ثم اختر الخصائص الأكثر فائدة في تعرّف الأشجار. حيث ستشكل هذه الخصائص أساسًا لمفتاحك التصنيفي الثنائي التفرع.
9. حدد أي ترتيب في المفتاح التصنيفي الثنائي يبين خصائص الاشجار، ثم صف كل خاصية منها كتابيًّا.
10. اعمل مفتاحًا تصنيفيًّا ثنائي التفرع. إن الخصائص التي تصفها في كل خطوة من المفتاح الثنائي هي عادة خصائص مزدوجة متضادة. فمثلاً، قد تقارن في الخطوة الأولى الأوراق الإبرية والحرشفية بالأوراق العريضة.

حلّل ثم استنتج

1. **فسّر البيانات.** صف بناءً على بياناتك التي جمعتها، تنوع النباتات في المنطقة التي درستها.
2. **انقد.** تبادل المفتاح التصنيفي مع زميلك، واستعمله في تعرّف الأشجار في منطقة الدراسة. ثم قدّم اقتراحات لزميلك لتحسين مفتاح التصنيف الخاص به.
3. **توقع.** كم يكون مفتاحك التصنيفي الثنائي مفيدًا لشخص يحاول تعرّف الأشجار في منطقة الدراسة؟ وضح ذلك.
4. **تحليل الخطأ.** ما التغييرات التي يمكن أن تقوم بها لتحسين فاعلية مفتاحك التصنيفي الثنائي.

مشاركة البيانات

قارن بياناتك ببيانات أخرى جمعها زملاؤك. ما النباتات المشتركة في مفاتيح التصنيف كلها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education

الفصل 5

دليل مراجعة الفصل

المطويات حدّد أقسام النباتات اللاوعائية، موضّحًا خواصها، ثم ناقشها.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
5 –1 النباتات اللاوعائية	
الثالوس	**الفكرة الرئيسة** **النباتات اللاوعائية صغيرة وتنمو عادة في البيئات الرطبة.** • توزيع النباتات اللاوعائية محدَّد بقدرتها على نقل الماء والمواد الأخرى داخلها. • الحزازيات القائمة نباتات صغيرة تستطيع العيش في بيئات مختلفة. • تعتمد الحزازيات على الخاصية الأسموزية والانتشار لنقل المواد. • هناك نوعان من الحشائش الكبدية، هما الثالوسية والورقية.
5 –2 النباتات الوعائية اللابذرية	
الحامل البوغي النبات الهوائي الرايزوم محفظة الأبواغ الكيس البوغي	**الفكرة الرئيسة** **النباتات الوعائية اللابذرية عمومًا أكبر حجمًا، وأفضل تكيفًا للعيش في البيئات الجافة من النباتات اللاوعائية، لأنها تحوي أنسجة وعائية.** • للنباتات الوعائية اللابذرية أنسجة وعائية متخصصة، وتتكاثر بالأبواغ. • النبات البوغي هو الطور السائد في النباتات الوعائية. • النباتات الصولجانية والسرخسيات نباتات وعائية لابذرية.
5 –3 النباتات الوعائية البذرية	
الفلقة المخروط السنوي ثنائية الحول المعمَّر	**الفكرة الرئيسة** **النباتات الوعائية البذرية من أكثر النباتات انتشارًا على الأرض.** • تُنتج النباتات الوعائية البذرية بذورًا تحوي الطور البوغي. • تُظهر النباتات الوعائية البذرية عددًا من التكيفات للعيش في بيئات مختلفة. • هناك خمسة أقسام للنباتات الوعائية البذرية، ولكل قسم صفاته المميزة. • النباتات الزهرية إما سنوية أو ثنائية الحول أو معمرة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 5 التقويم

5-1

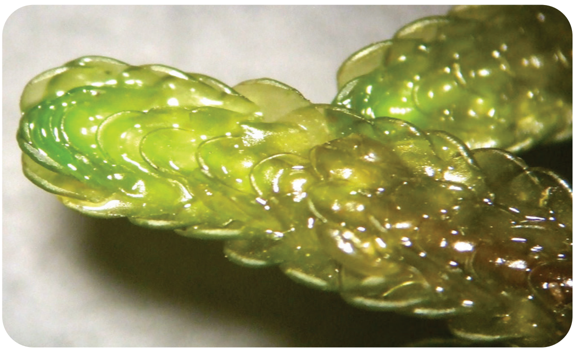
مراجعة المفردات

اكتب جملة تستعمل فيها المصطلح أدناه بصورة صحيحة.

1. الثالوس

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 2.



2. أيّ الكلمات الآتية لا تصف النبات في الصورة أعلاه؟

a. متعدد الخلايا.

b. لاوعائي.

c. لابذري.

d. ثالوس.

3. أيّ من الآتي يُعدّ من خصائص الحزازيات؟

a. الأنسجة الوعائية.

b. الأزهار.

c. البذور.

d. أشباه الجذور.

أسئلة بنائية

4. **إجابة قصيرة.** ارجع إلى الشكل 3-5، وحلّل حاجة النبات البوغي اللاوعائي إلى الاستمرار في اعتماده على الطور المشيجي.

5. **نهاية مفتوحة.** صف البيئة التي يمكن أن تدعم نموالنباتات اللاوعائية وهل هذه البيئة متوافرة في منطقتك.

التفكير الناقد

6. **ابحث** عن مجموعة من النباتات اللاوعائية، ثم اكتب قائمة بما ينمو منها في منطقتك إن وجد.

5-2

مراجعة المفردات

اربط كل تعريف في الأسئلة الآتية مع المصطلح الذي يناسبه من صفحة دليل مراجعة الفصل:

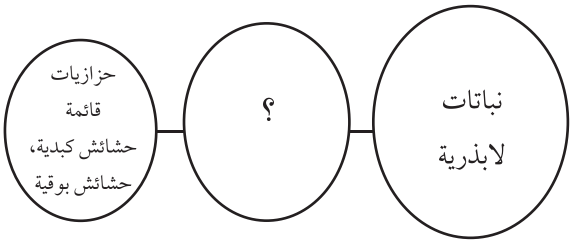
7. تراكيب حاملة للأبواغ تشكّل تجمعًا متراصًا.

8. ساق سميكة تحت الأرض.

9. نبات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسم آخر.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استعمل خريطة المفاهيم أدناه للإجابة عن السؤال 10.



10. أيّ المصطلحات الآتية تناسب ملء الفراغ في الشكل أعلاه؟

a. لاوعائية.

b. زهرية.

c. وعائية.

d. منتجة للبذور.

11. أيّ التراكيب الآتية يحوي تجمعًا من محافظ الأبواغ؟

a. الكيس البوغي.

b. السعفة.

c. الساق.

d. النصل.

12. أيّ الآتي لا يشكّل جزءًا من الخنشار؟

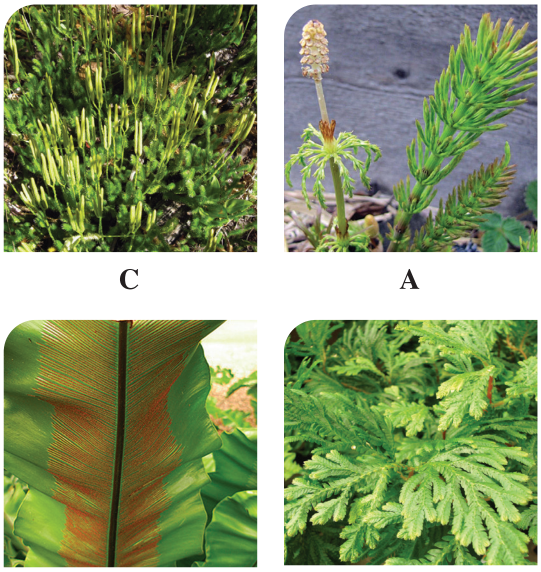
a. الرايزوم.

b. البثرة.

c. ورقة الخنشار أو السعفة.

d. شبه الجذر.

13. أيّ الصور الآتية تظهر البثرة (الأكياس البوغية)؟



A C B D

أسئلة بنائية

14. **إجابة قصيرة.** لخّص خصائص الخنشار.

15. **إجابة قصيرة.** ميّز بين قسم النباتات المجنحة وقسم النباتات الصولجانية.

التفكير الناقد

16. **استنتج** المزايا التي يمنحها وجود بثرات الخنشار على السطح السفلي لأوراق الخنشار بدلًا من السطح العلوي.

5-3

مراجعة المفردات

ضع المصطلح المناسب من صفحة دليل مراجعة الفصل بدل كل كلمة تحتها خط في الأسئلة الآتية.

17. جذر البذرة يزوّدها بالغذاء عندما تنمو.

18. النبات الذي ينمو لعدة فصول هو الرايزوم.

19. تحوي الزهرة في المعرّاة البذور تراكيب التكاثر الذكرية والأنثوية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

20. أيّ الآتي يضم النباتات التي لها أوراق إبرية أو حرشفية؟

a. نباتات النيتوفايت.

b. النباتات الزهرية.

c. النباتات المخروطية.

d. النباتات السيكادية.

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 21.

21. أيّ النباتات الآتية تنتج تراكيب تكاثر أنثوية كما في الصورة؟

a. المخروطيات.

b. النباتات الزهرية.

c. النيتوفايت.

d. النباتات الجِنكية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

22. ما الذي يصف أهمية انتشار البذور؟

a. تنتج جميع أنواع النباتات.
b. تنشرها في الهواء فقط.
c. يحدّ مـن التنافس فيما بين الآبـاء، وبينها وبين النباتات الناتجة الأخرى (الأبناء).
d. تنتشر في الصحراء فقط.

أسئلة بنائية

23. **نهاية مفتوحة.** ما الميزة التكيفية المحتملة لاعتماد النبات المشيجي الوعائي على النبات البوغي؟

24. **إجابة قصيرة.** اكتب قائمة بالصفات التي قد تستعملها في التمييز بين المخروطيات والنباتات الزهرية.

التفكير الناقد

25. **قارن** بين المخاريط وحامل الأبواغ.

26. **استنتج.** لماذا تتكاثر المخروطيات على نحو أكبر من النباتات الزهرية في البيئات الباردة؟

تقويم إضافي

27. **الكتابة في علم الأحياء** تخيل نفسك واحدًا من النباتات التي تعرضت للظروف البيئة القاسية على اليابسة. فما القصص التي يمكن أن تخبرها لأحفادك حول الصعوبات التي واجهتها؟

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 1.

1. في أيّ أقسام النباتات البذرية تتوقع وجود التركيب الموضح أعلاه؟

a. النباتات الزهرية.
b. النباتات المخروطية.
c. النباتات السيكادية.
d. النباتات الجِنكية.

2. افترض أن خلية من ورقة خنشار تحوي 24 كروموسومًا. فكم تتوقع أن يكون عدد الكروموسومات في الأبواغ؟

a. 6
b. 12
c. 24
d. 48

3. أيّ تركيب في النباتات اللاوعائية تساعد على امتصاص المواد المغذية من التربة؟

a. البلاستيدات الخضراء.
b. الصمغ النباتي.
c. أشباه الجذور.
d. الطور البوغي.

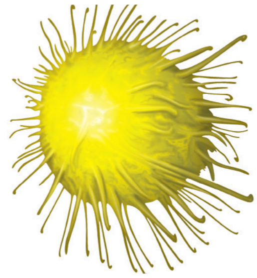
4. في أثناء الطقس الجاف تتطاير قطع من الحزاز الحقيقي بواسطة الرياح. وعندما تمطر تنمو هذه القطع فتكون نباتًا جديدًا. ما العملية التي تمثل هذه الظاهرة:

a. تعاقب الأجيال.
b. تكاثر الطور المشيجي.
c. الطور البوغي.
d. التكاثر الخضري.

5. كيف تختلف الحشائش الكبدية عن النباتات اللاوعائية الأخرى؟

a. ينتقل الماء والمواد المغذية في خلاياها بوساطة الانتشار والخاصية الأسموزية.
b. تحوي خلاياها نوعًا من البكتيريا الخضراء المزرقة.
c. تصنف إلى حشائش ثالوسية أو ورقية.
d. تحوي البلاستيدات الخضراء في بعض خلاياها.

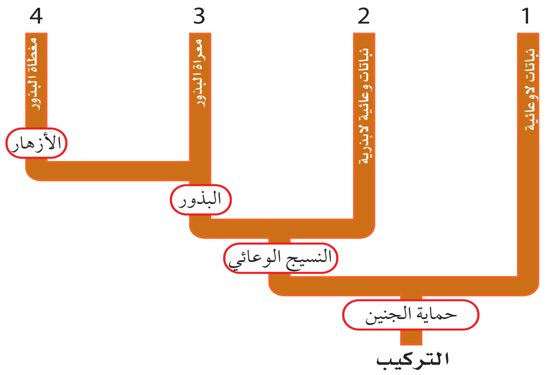
استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 6.



6. طريقة انتشار هذه البذور هي:

a. الحيوانات.
b. الجاذبية الأرضية.
c. الماء.
d. الرياح.

استعمل المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ الأرقام في الشكل أعلاه يمثل مكان وجود النباتات السيكادية؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

8. ما الذي يسبق الجيل الأحادي المجموعة الكروموسومية في النباتات الوعائية اللابذرية؟

a. النباتات الهوائية المتسلقة.
b. الاطوار المشيجية.
c. الرايزومات.
d. الأبواغ.

أسئلة الإجابات القصيرة

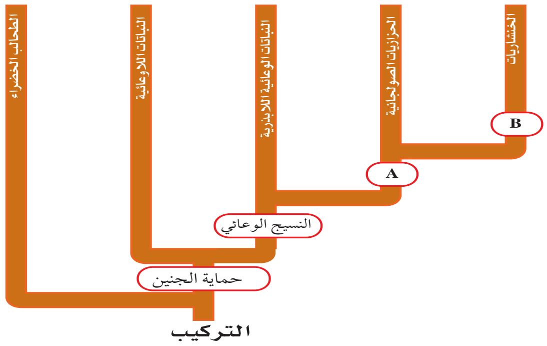
9. قارن بين الطور البوغي في النباتـات اللاوعائية والطور البوغي في النباتات الوعائية اللابذرية.

10. فسّــر سبب انتشــار معظم النباتات المنتجة للأبواغ في المناطق الرطبة؟

11. اذكر طريقتين تتكيف بهمـا النباتات الوعائية اللابذرية أفضل من النباتات اللاوعائية للعيش في البيئات المتغيرة.

12. ما أهمية الجيل المشيجي في النباتات البذرية؟

استعمل المخطط أدناه للإجابة عن السؤال 13.



13. انظر إلى المخطط الموضح أعلاه. ما الكلمة أو العبارة التي تصف نقطتي التفرع A و B؟

14. اســتعمل خريطة المفاهيم لتنظيم المعلومات المتعلقة بالنباتات الســنوية وثنائية الحول والمعمرة من حيث أوجة الشبه والاختلاف.

15. اذكــر صفتين للنباتــات اللاوعائية تعــوض بهما عن فقدهما للأنسجة الناقلة.

16. لأحــد أنــواع الخنشــار 14 كروموســومًا. مــا عدد الكروموسومات في الثالوس الأولي؟ فسّر لماذا؟

17. اشرح الفوائد التي تجنيها النباتات اللاوعائية من وجود أشباه جذور رقيقة وتراكيب تشبه الأوراق.

18. تخيــل أن صديقًا لــك يعيش في منطقة بــاردة أعطاك بذورًا لنبات، فزرعته في منطقة حــارة ولكنها لم تنمُ. توقع أسباب عدم نمو البذور في المنطقة الحارة.

سؤال مقالي

تخيل أنك تخطط لتحويل مساحة من الأرض قرب مدرستك إلى حديقة صغيرة، حيث يمكنك أن تشتري بذورًا لزراعتها، ويمكنك أن تنقــل إليها نباتات صغيرة. لكن هدفك الرئيس هو وجود بعض النباتات التي تنمو في الحديقة في كل فصلٍ من السنة.

استعمل المعلومات في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

19. بناءً على ما تعرفه عن النباتات وعن المناخ في المنطقة التي توجد فيها مدرســتك، ما أفضل نوع من النباتات يمكــن زراعته؟ صِف خطتك في صــورة مقال منظم، ووضــح كيف تتــلاءم النباتات المختلفــة التي تنوي استعمالها مع خصائص الحديقة المطلوبة؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
الدرس/ الفصل	5–3	5–2	5–1	5–2	5–1	5–3	5–3	5–2	(1+2)5	5–2
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

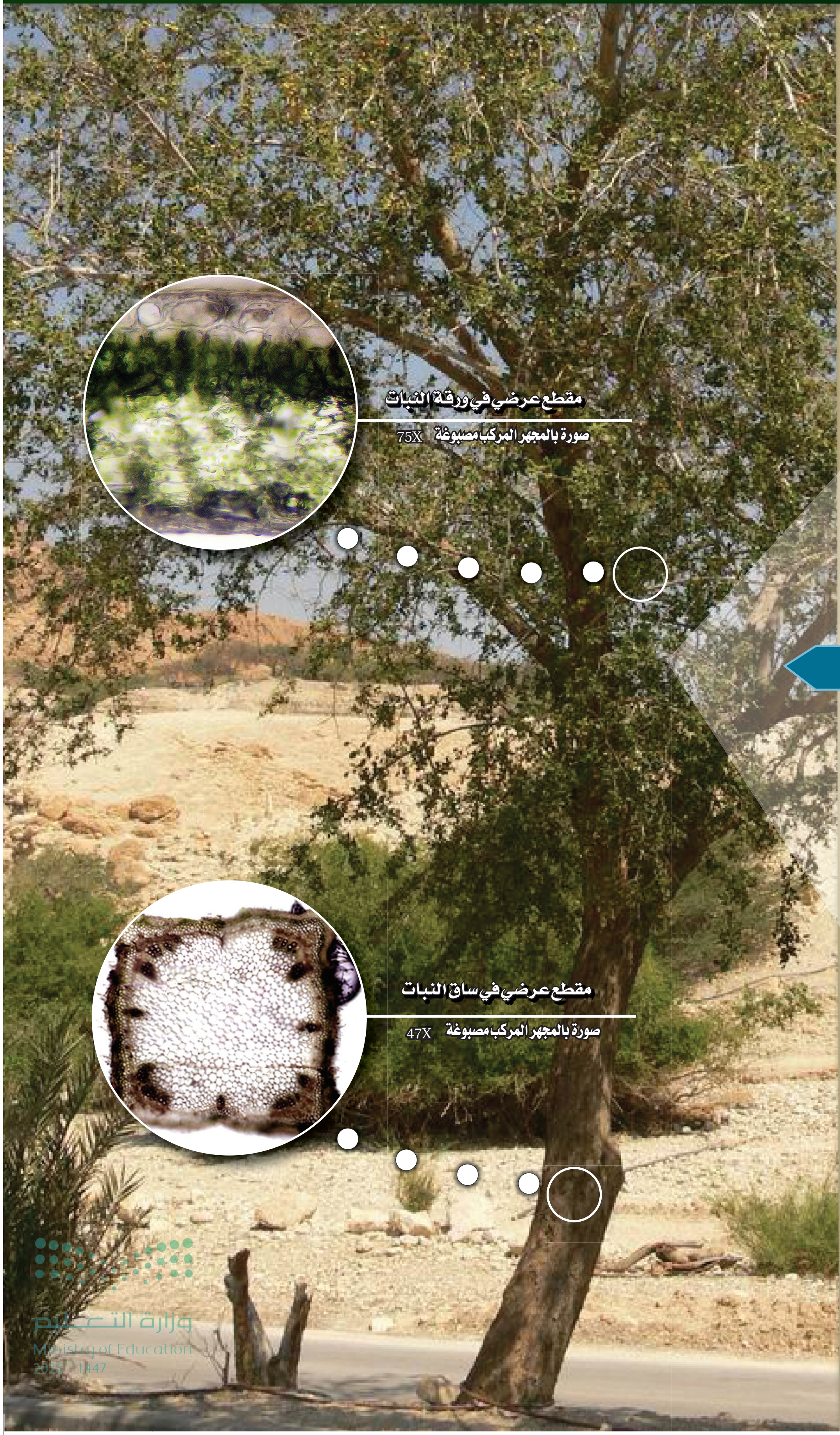
السؤال	11	12	13	14	15	16	17	18	19
الدرس/ الفصل	(1+2)5	5–2	5–2	5–3	5–1	5–2	5–1	5–3	5–3
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 6

تركيب النبات ووظائف أجزائه

Plant Structure and Function



الفكرة العامة تعود طبيعة التنوع في النباتات إلى اختلاف تراكيبها التي خلقها الله سبحانه وتعالى.

1 – 6 خلايا النبات وأنسجته

الفكرة الرئيسة تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.

2–6 هرمونات النباتات واستجاباتها

الفكرة الرئيسة يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.

حقائق في علم الأحياء

- يحتوي التوت على تراكيز عالية من مادة الانثوسيانين، التي تساعد على محاربة سرطان القولون، سرطان المريء، وسرطان الجلد.
- زرع الإنسان النباتات منذ أكثر من 2000 سنة من أجل الألياف التي توجد في الساق التي تنسج ليصنع منها الأقمشة.
- ما عدا نسبة قليلة من هذه الجذور هناك % 90–80 من جذور النباتات تنمو في الثلاثين سنتمترًا العليا من التربة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة استهلالية

ما التراكيب التي لدى النباتات؟

لدى معظم النباتات تراكيب تمتص الضوء، وأخرى لتحصل على الماء والمواد المغذية. وستفحص في هذه التجربة نباتًا، وتلاحظ تراكيبه التي تساعده على العيش والبقاء، ثم تصفها.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. افحص بلطف **النبات المزروع في الأصيص** الذي زوّدك به معلمك. واستعمل **عدسة يدوية** لتفحص النبات. وضع قائمة بكل نوع تلاحظه من التراكيب.
3. انزع النبات برفق من الأصيص، ولاحظ تراكيب النبات التي في التربة، واحذر من تفتيت التربة حول جذور النبات. وسجل ملاحظاتك، ثم أعد النبات إلى الأصيص.
4. ارسم رسمًا تخطيطيًّا لأجزاء النبات، واكتب عليه اسم كل جزء.

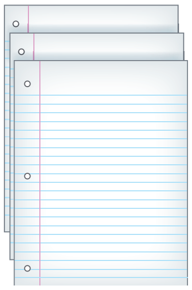
التحليل

1. **قارن** قائمتك بقوائم الطلاب الآخرين. ما التراكيب المشتركة في كل النباتات؟
2. **استنتج.** كيف يمكن أن يرتبط كل تركيب مع وظيفةٍ من وظائف النبات؟
3. **توقع** أنواع التكيفات التركيبية لنبات يعيش في بيئة جافة.

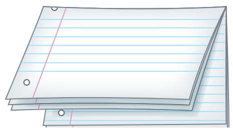
المطويات
منظمات الأفكار

الهرمونات النباتية وعملها اعمل المطوية الآتية لتساعدك على استقصاء الهرمونات النباتية وعملها.

الخطوة 1: ضع ثلاث أوراق من دفتر الملاحظات بعضها فوق بعض على أن تكون حوافها على المستوى نفسه، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ مجموعة الأوراق عند المنتصف، ثم ثبتها جيدًا بالمكبس لتصنع منها كتيبًا من ست صفحات، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ارسم الخطوط الخارجية لنبات ما على الصفحة الأولى، وعنون هذه الصفحة بالهرمونات النباتية. كما في الشكل الآتي:

الخطوة 4: اكتب عناوين الصفحات الخمس الباقية للمطوية مرتبة على النحو الآتي: هرمون الأكسين، هرمون الجبريلين، هرمون الإثيلين، هرمون السايتوكاينين.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2-6.** وأنت تقرأ هذا القسم اكتب وصفًا لكل هرمون ووظيفته على الصفحة الخاصة به.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

6-1

خلايا النبات وأنسجته
Plant Cells and Tissues

الأهداف

- **تصف** الأنواع الرئيسة لخلايا النبات.
- **تحدد** الأنواع الرئيسة لأنسجة النبات.
- **تميز** بين وظائف خلايا النبات وأنسجته.

مراجعة المفردات

الفجوة Vacuole: حويصلة محاطة بغشاء، وتقوم بوظيفتي النقل وتخزين الغذاء.

المفردات الجديدة

الخلية البرنشيمية
الخلية الكولنشيمية
الخلية الإسكلرنشيمية
النسيج المولد (المرستيمي)
الكامبيوم الوعائي
الكامبيوم الفليني
البشرة
الخلية الحارسة
الخشب
الأوعية الخشبية
القصيبات
اللحاء
الأنابيب الغربالية
الخلايا المرافقة
النسيج الأساسي

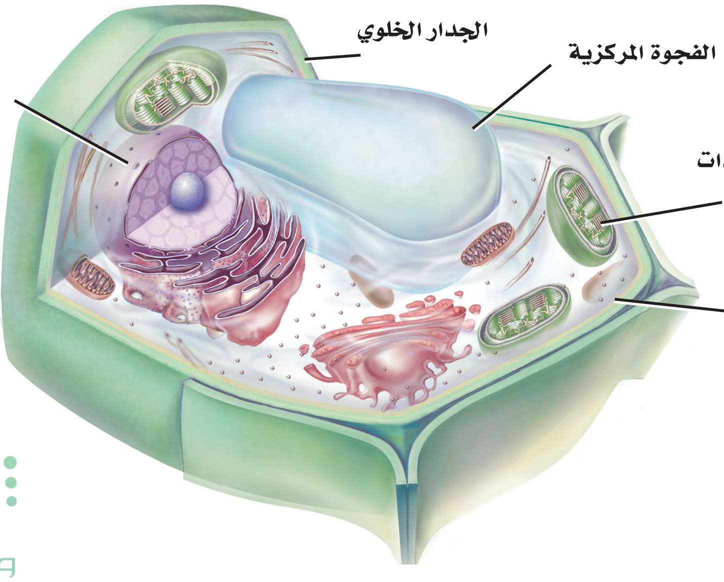
الفكرة الرئيسة تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.

الربط مع الحياة تتكون المباني من مواد متنوعة، ومنها الدرج والأنابيب والأبواب وأنظمة الكهرباء التي تُبنى من مواد مختلفة؛ ولكل منها وظيفة مختلفة. وبالطريقة نفسها فإن تراكيب النبات المختلفة لها خلايا وأنسجة تعمل بكفاءة تامة لإنجاز وظائف محددة.

خلايا النبات Plant Cells

تستطيع أن تتعرف الخلية النباتية في **الشكل 1-6**؛ بسبب وجود جدار خلوي وفجوة مركزية كبيرة لها. كما تحوي خلايا النبات بلاستيدات خضراء، مع العلم بأن هناك أنواعًا مختلفة من خلايا النبات - وكل منها له واحد أو أكثر من التكيفات التي تمكّنه من إنجاز وظائف محددة. وتشكّل ثلاثة أنواع من خلايا النبات معظم الأنسجة النباتية، تؤدي وظائف التخزين وإنتاج الغذاء وتوفر قوة ودعامة ومرونة للنبات.

الخلايا البرنشيمية Parenchyma cells خلايا رقيقة الجدران توجد بكثرة في النبات، وتمتاز بمرونتها. وتشكّل الأساس لمعظم تراكيب النبات، وهي قادرة على إنجاز عدد كبير من الوظائف، ومنها التخزين والبناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية. وهذه الخلايا كروية الشكل، ولكن جُدرها مسطحة قليلاً عندما تكون هذه الخلايا متراصّة بعضها إلى بعض، **الجدول 1-6**. ومن صفاتها المهمة أنها قادرة على الانقسام عندما يكتمل نموّها لوجود النواة. فعندما يتلف جزء من النبات تنقسم **الخلايا البرنشيمية** parenchyma cells فتساعد على إصلاح الجزء التالف.

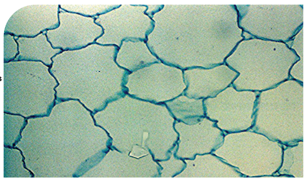
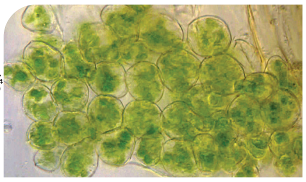
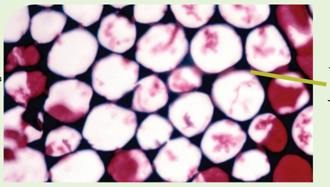
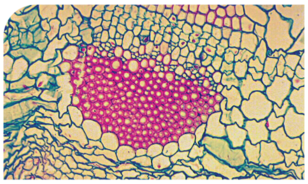
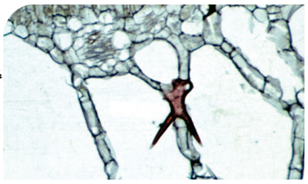


الشكل 1-6 من الصفات الفريدة للخلية النباتية الجدار الخلوي والفجوة المركزية الكبيرة. وتحوي خلايا النبات كذلك بلاستيدات خضراء يتم فيها عملية البناء الضوئي.

استنتج. لماذا لا تعد البلاستيدات الخضراء من مكوّنات الخلايا النباتية كلها؟

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الجدول 1–6 خلايا النبات ووظائفها

نوع الخلية	مثال	الوظائف
البرنشيمية	 التكبير 40X تخلو من البلاستيدات  التكبير 80X تحتوي على البلاستيدات	• التخزين. • البناء الضوئي. • تبادل الغازات. • الحماية. • تعويض الأنسجة التالفة أو استبدالها.
الكولنشيمية	 التكبير 100X جدار خلوي الجدار الخلوي	• دعامة الأنسجة المحيطة. • إعطاء النبات المرونة. • تعويض الأنسجة التالفة أو استبدالها.
الإسكلرنشيمية	 التكبير 100X أليــاف  التكبير 400X خلايا حجرية	• الدعامة. • النقل.

للخلايا البرنشيمية سمات خاصة، بناءً على الوظيفة التي تقوم بها؛ فبعض الخلايا البرنشيمية تحوي العديد من البلاستيدات الخضراء، **الجدول 1–6**. وتوجد مثل هذه الخلايا على الأغلب في الأوراق والسيقان الخضراء، ويمكن أن تقوم بعملية البناء الضوئي فتنتج الجلوكوز. وبعض الخلايا البرنشيمية ـ ومنها تلك الموجودة في الجذور والثمار ـ لها فجوات مركزية واســعة تستطيع خزن المواد المختلفة، ومنها النشا أو الماء أو الزيوت.

الخلايـا الكولنشـيمية Collenchyma cells إذا كنــت قد أكلــت يومًا نبات الكَرَفْــس فإن الخلايا الكولنشــيمية مألوفة لديك بلا شــك. إنها تشــكّل تلك الخيوط الطويلة التي يمكن أن تسحبها من ساق الكَرَفْس. و**الخلايا الكولنشيمية collenchyma cells** خلايــا نباتية تكون غالبًا مســتطيلة الشــكل، وتوجد على صورة سلاســل أو أســطوانات طويلة تدعم الخلايا المجاورة لهــا. وكما يبين **الجدول 1–6**، فإن للخلايا الكولنشــيمية جدرانًا خلوية ســميكة على نحو غير متســاوٍ. وعندما تنمو الخلايا الكولنشيمية فإن أجزاءها الرقيقة المرنة تتمدد، مما يجعل النبات قادرًا على الانثناء دون أن ينكســر. والخلايا الكولنشيمية كالخلايا البرنشيمية لديها القدرة على الانقسام عندما يكتمل نموّها لوجود النواة.

الشكل 2–6 استعملت خلايا الألياف في الصناعة منذ القدم، في الأقمشة وغيرها من الادوات.

الخلايا الإسكلرنشيمية Sclerenchyma cells تفتقر إلى السيتوبلازم والنواة والمكوّنات الحية الأخرى عندما يكتمل نموّها، على عكس النوعين السابقين، لكن جدرانها الخلوية السميكة الصلبة تبقى. ويوفر بعض هذه الخلايا الدعامة للنبات، في حين يقوم بعضها الآخر بوظيفة النقل داخل النبات. وهي تكوّن النسبة العظمى من الخشب الذي نستعمله في البناء ومنتجات الورق، ونتخذه وقودًا. هناك نوعان من **الخلايا الإسكلرنشيمية** sclerenchyma cells، هما: الخلايا الحجرية، والألياف، **الجدول 1–6**. وربما تكون قد أكلت بعض الخلايا الحجرية؛ فهي تشكّل القوام الخشن لثمار الإجّاص. ويمكن أن تتوزع الخلايا الحجرية على نحو عشوائي خلال النبات، وتكون عادة أقصر من الألياف وذات شكل غير منتظم. إن قساوة غلاف البذور وصلابة قشور الجوز والمكسّرات تنتج عن وجود الخلايا الحجرية. وتقوم الخلايا الحجرية بالنقل أيضًا. أما الألياف فتكون إبرية الشكل، ولها جدار سميك وذات فراغ داخلي صغير. وعندما تلتصق نهايات الألياف معًا تشكّل نسيجًا مرنًا وقويًّا. وقد استعمل الإنسان الألياف في صناعة الحبال والأقمشة والخيام والأشرعة منذ قرون، كما في **الشكل 2–6**.

تجربة 6-1

ملاحظة خلايا النبات

كيف يمكن استعمال المجهر لتمييز أنواع خلايا النبات؟

تفحص الأنواع الثلاثة المختلفة من خلايا النبات بتحضير شرائح لبعض أجزاء النبات الشائعة ودراستها.

خطوات العمل

تحذير: *اليود مادة سامة إذا ابتلعت، بالإضافة إلى أنه يصبغ الأيدي والملابس.*

1. املاء بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. احصل على **شريحة بطاطس رقيقة ومقطع عرضي لساق الكَرَفْس** من معلمك.
3. ضع شريحة البطاطس على شريحة زجاجية، وأضف إليها قطرة من اليود ثم غطها بغطاء الشريحة. استعمل المجهر المركب لملاحظة شريحة البطاطس، ودوّن ملاحظاتك.
4. ضع شريحة الكرفس على شريحة زجاجية وأضف إليها قطرة من **الماء**، وغطّها بغطاء الشريحة.
5. ضع قطرة من **الصبغة** عند إحدى حافتي غطاء الشريحة، ثم ضع **منشفة ورقية** عند الحافة المقابلة من غطاء الشريحة لسحب الصبغة من تحت الغطاء. استعمل المجهر لدراسة شريحة الكرفس ودوّن ملاحظاتك.
6. احصل على كمية صغيرة من **نسيج ثمرة الإجّاص**، وضعها على الشريحة وغطها بغطاء الشريحة.
7. اضغط بحذر ولكن بقوة، مستعملا ممحاة قلم على غطاء الشريحة، إلى أن يُصبح نسيج الإجّاص طبقة رقيقة جدًّا، واستعمل المجهر لملاحظته. ثم سجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع خلية النبات المتخصصة التي تلاحظها في كل شريحة.
2. **استنتج.** لماذا توجد أنواع مختلفة من الخلايا في أنسجة البطاطس والكرفس والإجّاص؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الأنسجة النباتية Plant Tissues

تعلمت سابقًا أن النسيج مجموعة من الخلايا تعمل معًا للقيام بوظيفة معينة. والنسيج النباتي يمكن أن يتكوّن من نوع أو أكثر من الخلايا، بناءً على وظيفته. هناك أربعة أنواع مختلفة من الأنسجة في النبات هي: الأنسجة المولدة (المرستيمية)،والأنسجة الخارجية، والأنسجة الوعائية، والأنسجة الأساسية.

النسيج المولد Meristematic tissue تستمر النباتات خلال حياتها في إنتاج خلايا جديدة في أنسجتها المولّدة. وتكوّن **الأنسجة المولّدة** meristem tissue مناطق تنقسم خلاياها بسرعة. الخلايا المولّدة ذات نوى كبيرة وفجوات صغيرة، وتتحول هذه الخلايا في أثناء نموها إلى أنواع عديدة ومختلفة من خلايا النبات. وتوجد الأنسجة المولّدة في مناطق مختلفة من جسم النبات.

الأنسجة المولّدة القمّية Apical meristems نسيج مولد موجود عند قمم الجذور والسيقان، يُنتج خلايا تسبب زيادة في طول النبات، **الشكل 3-6**، ويسمى هذا بالنمو الابتدائي. ولأن النباتات ثابتة في مكانها فإنه يمكن للسيقان والجذور دخول بيئات مختلفة أو مناطق مختلفة من البيئة نفسها.

الأنسجة المولدة البينية Intercalary meristems يرتبط أثر هذا النوع من الأنسجة بقص حشائش الحديقة. ويوجد هذا النسيج في موقع أو أكثر على طول سيقان العديد من ذوات الفلقة الواحدة. ويُنتج خلايا جديدة تسبب زيادة في طول الساق أو الأوراق. فلو كان للحشائش نسيج مولد قمي فقط فسوف تتوقف عن النمو بعد عملية القص الأولى، ولكنها تستمر في النمو؛ لأن لها أكثر من نوع واحد من الأنسجة المولدة.

الأنسجة المولدة الجانبية Lateral meristems تنتج الزيادة في قطر الساق والجذر من النمو الثانوي الذي ينتج عن نوعين من النسيج المولد الجانبي. ويحدث النمو الثانوي في النباتات البذرية اللازهرية (معراة البذور) وذوات الفلقتين وقليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط. يوضح **الشكل 3-6** **الكامبيوم الوعائي** vascular cambium، وهو أسطوانة رقيقة من النسيج المولد تمتد على طول الساق والجذر. وهو يُنتج خلايا جديدة تختص بالنقل في بعض الجذور والسيقان. ويوجد في بعض النباتات نسيج مولد جانبي آخر هو **الكامبيوم الفليني** cork cambium الذي يُنتج خلايا تكوّن جُدرًا قاسية. وتشكّل هذه الخلايا طبقة خارجية واقية على السيقان والجذور. في حين يشكّل نسيج الفلين القلف الخارجي على النباتات الخشبية، ومنها البلوط. تذكّر أن خلايا نسيج الفلين هي تلك التي لاحظها روبرت هوك عندما شاهدها بمجهره البسيط.

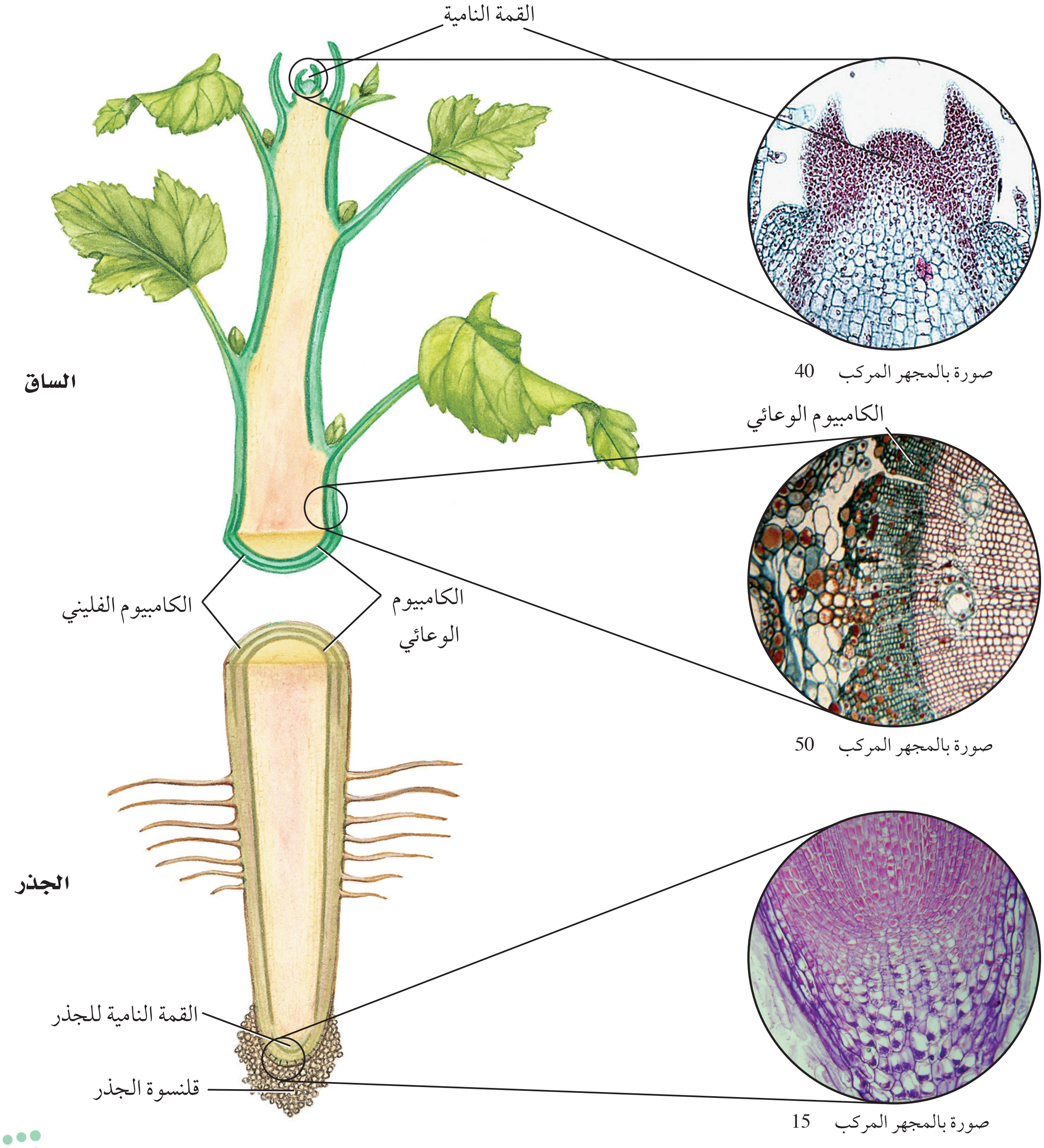
مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالِم المروج Turf Scientist
تحتاج ملاعب الجولف والمتنزهات وملاعب الرياضة مهارات عالِم المروج لكي يحافظ على الحشائش التي تنمو فيها. وتشتمل خلفيته التعليمية على دراسة العلوم وإدارة الأعمال.

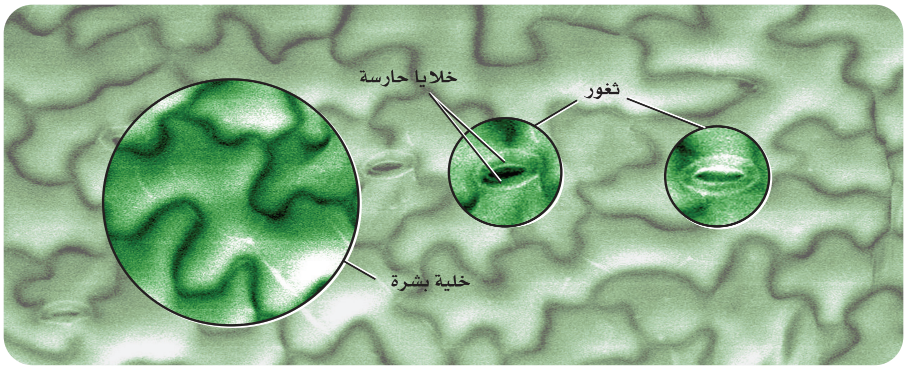
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

Meristematic Tissues الأنسجة المولّدة

■ **الشــكل 3–6** يحدث معظم نمو النبات من إنتاج خلايا جديدة بوساطة الأنســجة المولدة. فالسيقان والجذور تزداد في الطول بسبب إنتاج خلايا جديدة بوساطة النسيج المولد القمّي غالبًا. أما الكامبيوم الوعائي للنبات فينتج خلايا تعمل على زيادة قطر الساق والجذر.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 4–6** يتكون سطح الورقة من خلايا بشرة متراصّة تساعد على حماية النبات، وتمنع تبخر الماء. وتُفتح الثغور وتُغلق للسماح للغازات بالدخول والخروج.

الأنسجة الخارجية Dermal Tissue تتكون الأنسجة الخارجية من: **البشرة The epidermis** وهي طبقة من الخلايا التي تكوّن الغطاء الخارجي للنبات، **الشكل 4–6**. ويمكن أن تُفرز معظم خلايا البشرة مادة دهنية تكوّن الكيوتكل. وقد درست سابقًا أن الكيوتكل يُساعد على تقليل فقد الماء من النباتات بإبطائه عملية التبخر. كما يمكن أن يساعد الكيوتكل على منع البكتيريا والمخلوقات الحية الأخرى المسببة للأمراض من دخول النبات.

الثغور Stomata قد يكون للنباتات عدة تكيفات في بشرتها. فالبشرة في معظم الأوراق وبعض السيقان الخضراء تحوي الثغور، أيْ فتحات صغيرة يدخل خلالها ثاني أكسيد الكربون والماء والأكسجين وغازات أخرى. وتسمى الخليتان اللتان تشكّلان الثغر **الخليتين الحارستين** guard cells، وينتج عن التغيرات في شكل الخليتين الحارستين فتح الثغور أو إغلاقها، **الشكل 4–6**.

الشعيرات Trichomes تُنتج بعض خلايا البشرة على الأوراق والسيقان نتوءات تشبه الشعر تُسمى الشعيرات الورقية، **الشكل 5–6**. وتعطي الشعيرات الأوراق مظهرًا زغبيًّا قد يساعد على حماية النبات من الحشرات والحيوانات المفترسة. وقد تُطلق بعض الشعيرات موادّ سامة عند لمسها؛ كما أن الشعيرات تحفظ النبات باردًا؛ لأنها تعكس أشعة الشمس.

الشعيرات الجذرية Root hairs لبعض الجذور شعيرات جذرية، وهي امتدادات هشة تخرج من خلايا البشرة في الجذر، **الشكل 5–6**. وتزيد الشعيرات الجذرية المساحة السطحية للجذر، وتمكّنه من امتصاص كمية من المواد أكبر مما لو خلا الجذر من هذه الشعيرات.

المفردات

أصل الكلمة

شعيرة Trichome:

من كلمة trickhma اليونانية وتعني نمو الشعر.

تجربة عملية **هل تتعرق النباتات؟**

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

الشعيرات الورقية

الشعيرات الجذرية

■ **الشكل 5–6** تساعد التكيفات الخارجية لورقة النبات على البقاء. فالغدد الصغيرة الموجودة على قمم الشعيرات قد تحوي مواد سامة، في حين تزيد الشعيرات الجذرية مساحة سطح الجذر.

استنتج. **ما أهمية ريّ النباتات المعاد زراعتها؟**

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قــرأت عن تركيب النبــات، كيــف تجيب الآن عن أســئلة التحليل.

الأنسجة الوعائية Vascular tissues يُنقل الماء والغذاء والمواد الأخرى خلال جســمك عبر الأوعية الدموية. أما في النباتات فيكون نقل الماء والغذاء والمواد المذابة الوظيفة الرئيسة لنوعين من الأنسجة الوعائية، هما الخشب واللحاء.

الخشب Xylem يدخل الماء الذي يحتوي على الأملاح المعدنية المذابة عبر الجذور إلى النبات. ويستعمل بعض الماء في عملية البناء الضوئي. أما الأملاح المعدنية المذابة فلها وظائف عديدة في الخلايا. ويُنقل الماء وما به من أملاح معدنية مذابة في النبات عبر نظام الخشــب، فيتدفق بشكل مستمر من الجذور وحتى الأوراق. **والخشب** xylem هو النسيج الوعائي الناقل للماء، ويتألف من خلايا متخصصة، هي الأوعية الخشبية والقصيبات.

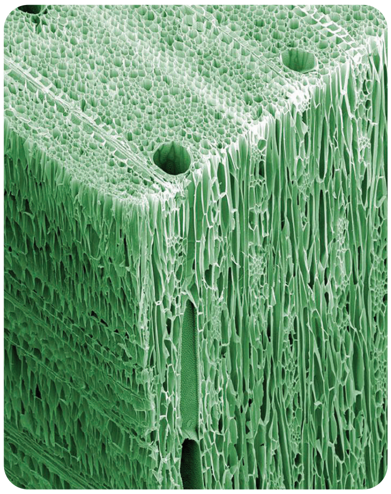
الأوعية الخشــبية يتكون الوعاء الخشبي عند نضجه من الجدر الخلوية فقط. إن افتقار هذه الخلايا للنواة والسيتوبلازم عند نضجها يسمح للماء بالتدفق بحرية خلال هذه الخلايا. **الأوعية الخشبية** vessel elements خلايا أنبوبية تتراص طرفًا لطرف، فتشكّل أشــرطة من الخشب تُسمى الأوعية. ويكون الوعاء الخشبي مفتوحًا عند طرفيه ما عدا شريطًا يشبه الحاجز عند كل فتحة. وفي بعض النباتات تفقد الأوعية جدرانها الطرفية تمامًا، ممّا يســمح للماء والمواد المذابة فيه بالانتقال بحرية من وعاء خشبي إلى آخر أما النوع الآخر من خلايا الخشب فهو القصيبات.

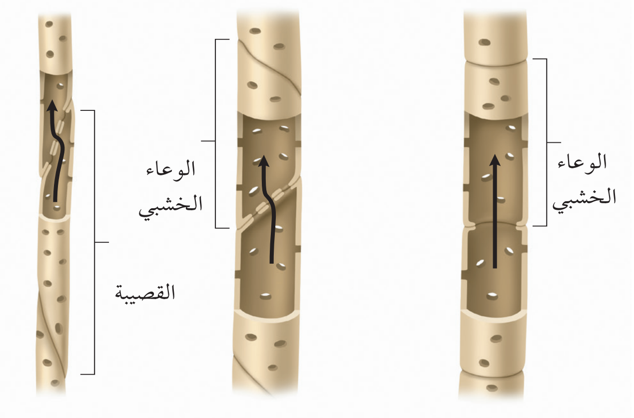
القصيبــات النوع الآخر من خلايا الخشب هو القصيبات. و**القصيبات** tracheids خلايا أسطوانية الشكل طويلة ذات أطراف مثقبة، وتتكون عند نضجها من جدر خلوية فقط. تصطف القصيبات طرفًا لطرف، وتشكّل شريطًا يشبه الأنبوب. وللقصيبات جدران طرفية، بخلاف الأوعية الخشبية الناضجة. لذا، تكون القصيبات أقل كفاءة من الأوعية الخشبية في نقل المواد. انظر **الشكل 6–6**، وقارن بين تركيب القصيبات والأوعية الخشبية. يتكون الخشب من قصيبات بصورة كاملة تقريبًا في معرّاة البذور (النباتات البذرية اللازهرية). أما في النباتات الزهرية فيتكون الخشب من قصيبات والأوعية الخشبية. ولأن الأوعية الخشبية أكثر كفاءة في نقل الماء والمواد لذا فإن العلماء يفترضون أن ذلك يفسر سبب نمو النباتات الزهرية في بيئات مختلفة عديدة.

اللحاء Phloem النسيج الرئيس الذي ينقل الغذاء في النبات؛ فهو ينقل السكريات المذابــة والمركبات العضوية الأخرى. تذكر أن الخشــب ينقل المواد بعيدًا عن الجذور، أما **اللحاء** phloem فينقل المواد من الأوراق والسيقان إلى جميع أجزاء النبات.

يوجد في اللحاء خلايا حجرية وألياف، لكنها لا تستعمل في النقل؛ إذ إن هذه الخلايا الصلبة توفر دعمًا للنبات فقط. يتكوّن اللحاء من نوعين من الخلايا: **الأنابيــب الغربالية** sieve tube member و**الخلايا المرافقة** companion cells.

الشــكل 6 – 6 القصيبات والأوعية الخشبية هما الخلايا الناقلة في الخشب.

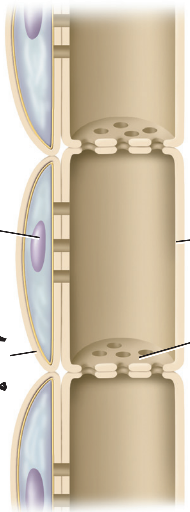




وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تحتـوي عناصر الأنابيب الغربالية على السـيتوبلازم، ولكنهـا تفتقر إلى النوى والرايبوسومات عندما تكون ناضجة.

يحيط بالأنابيب الغربالية خلايا مرافقة، كل منها لها نواة. ويعتقد العلماء أن هذه النـواة تساعد الخلية المرافقة الأنبوب الغربالي المكتمل النمو المجاور لها بالطاقة اللازمة لعملها وتتحكم في عملية النقل داخله. ويوجد في النباتات الزهرية تراكيب تُسمى الصفائح الخلوية (الصفائح الغربالية) عند طرف كل أنبوب غربالي، انظر **الشكل 7–6**. هذه الصفائح لها ثقوب واسعة تسمح بمرور المواد المذابة من خلالها. يتم عملية أيض بعض الجلوكوز الناتج من عملية البناء الضوئي في الأوراق والأنسجة الأخـرى في النبات. لكن بعضه الآخر يتحول إلى كربوهيدرات، وينتقل ليُخزّن في مناطق التخزين في النبات. وتعد الخلايا البرنشـيمية الموجودة في الجذور أمثلة على مناطق التخزين.



■ **الشكل 7–6** لاحظ وجود ثقوب في الصفائح الغربالية الموجودة بين الأنابيب الغربالية.

الأنسجة الأساسية Ground tissues الأنسجة التي لا تندرج تحت الأنسجة المرسـتيمية أو الخارجية أو الوعائية تعد أنسـجة أساسـية. وتتكون **الأنسجة الأساسية** ground tissues من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وإسكلرنشيمية، ولها وظائف متنوعة، منها البناء الضوئي والخزن والدعامة. ويتكون معظم النبات من نسيج أساسـي. يحتوي النسيج الأساسـي في الأوراق والسيقان الخضراء على خلايا بها العديد من البلاسـتيدات الخضراء التـي تنتج الجلوكوز للنبات. وفي بعض السـيقان والجذور والبذور تحتوي خلايا النسيج الأساسي على فجوات كبيرة تخزن السكريات والنشا والزيوت أو المواد الأخرى. كما تساعد الأنسجة الأساسية في وظيفة الدعامة عندما تنمو بين أنواع أخرى من الأنسجة.

التقويم 1–6

الخلاصة

- هناك ثلاثة أنواع من خلايا النبات هي: البرنشـيمية والكولنشيمية والإسكلرنشيمية.
- يرتبط تركيب الخلية النباتية مع وظيفتها.
- هنـاك أنواع عدة من الأنسـجة النباتية، منها المرستيمية والخارجية والوعائية والأساسية.
- يُشكل الخشب واللحاء الأنسجة الوعائية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** الأنواع المختلفة للخلايا النباتية الموجودة في الأنسجة النباتية.
2. **قارن** بين أنواع الخلايا النباتية.
3. **صف** الشعيرات الجذرية وبيّن وظيفتها.
4. **حدّد** موقع الكامبيوم الوعائي ووظيفته.
5. **قارن** بين نوعي خلايا الخشب المتخصصة.

التفكير الناقد

6. **اعمل جدولًا** يلخص تراكيب الأنسجة النباتية المختلفة ووظائفها، مستعملًا المعلومات الواردة في هذا القسم.
7. **قوّم** فوائد عدم وجود جدران في نهايات الأوعية الخشبية.
8. الكتابة في علم الأحياء ألف قطعة نثرية تصف فيها نسيجًا نباتيًّا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

6-2

الأهداف

- **تحدد** الأنواع الرئيسة لهرمونات النبات.
- **تشرح** كيف تؤثر الهرمونات في نمو النباتات.
- **تصف وتحلل** الأنواع المختلفة من استجابات النبات.

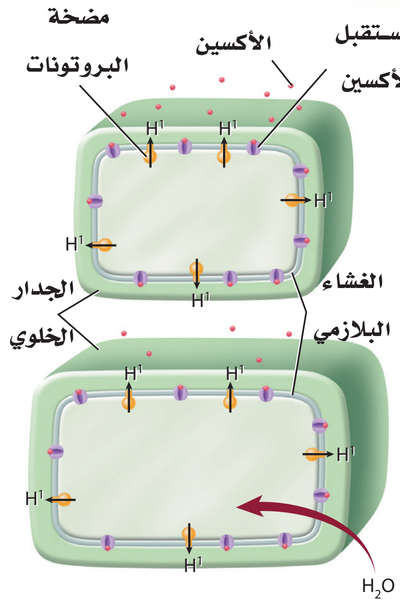
مراجعة المفردات

النقل النشط Active tranport: حركة المواد عبر الغشاءالبلازمي من التركيز الأقل إلى التركيز الأعلى، ويحتاج إلى طاقة.

المفردات الجديدة

الأكسين
السايتوكاينين
الجبريلين
استجابة الحركة
الإثيلين
الانتحاء

الشكل 8–6 يحفز الأكسين تدفق أيونات الهيدروجين عبر جدار الخلية مما يضعفه، ليدخل الماء وبالتالي تستطيل الخلية.



رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

هرمونات النباتات واستجاباتها
Plant Hormones and Responses

الفكرة الرئيسة يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.

الربط مع الحياة أن استجابات الجسم المختلفة تسيطر عليها الهرمونات. فعندما تأكل ترسل الهرمونات إشارات لخلايا الجهاز الهضمي؛ لكي تطلق إنزيماتها الهاضمة. ورغم أن النبات ليس له جهاز هضمي يفرز إنزيمات إلا أن الهرمونات تسيطر على نواحٍ متعددة من نموه.

الهرمونات النباتية Plant Hormones

الهرمونات مركبات عضوية تُصنع في جزءٍ معين من المخلوق الحي، وتنتقل إلى جزءٍ آخر؛ حيث تؤثر فيه. ويحتاج المخلوق الحي إلى كمية ضئيلة من الهرمون لإحداث تغير فيه. هل يفاجئك معرفة أن النباتات تنتج هرمونات؟ يمكن أن تؤثر هرمونات النبات في انقسام الخلايا ونموها وتمايزها. وتشير نتائج الأبحاث إلى أن هرمونات النبات تؤدي عملها بالارتباط كيميائيًّا مع مواقع محددة على الغشاء البلازمي تسمى المستقبلات البروتينية. ويمكن أن تؤثر هذه المستقبلات في إظهار أثر الجينات أو نشاط الإنزيمات أو نفاذية الغشاء البلازمي، كما درست سابقًا في هرمونات جسم الإنسان.

الأكسين Auxin أول هرمون نباتي تم اكتشافه. وهناك أنواع عديدة منه، غير أن إندول حمض الخليك (الأكسين) من أكثرها دراسة، حيث يُنتَجُ في القمة النامية والبراعم والأوراق الصغيرة والأنسجة الأخرى السريعة النمو. وهو ينتقل عبر النبات من خلية برنشيمية إلى أخرى بوساطة نوع من النقل النشط. وقد قيست سرعة انتقال الأكسين auxin فوجد أنها 1 cm /h، وتنتقل بعض الأكسينات في اللحاء. وينتقل الأكسين في اتجاه واحد فقط، بعيدًا عن مكان إنتاجه.

الربط مع الكيمياء ينبه الأكسين استطالة الخلايا. وتشير البحوث إلى أن هذه العملية غير مباشرة في الخلايا الصغيرة، ويشجع كذلك على تدفق أيونات الهيدروجين بوساطة مضخة الهيدروجين من السيتوبلازم إلى جدار الخلية. وهذا يكوّن وسط أكثر حموضة، ممّا يضعف الوصلات بين ألياف السيليلوز في الجدار. كما أنه يحفّز إنزيمات معينة تساعد على تحليل الجدار الخلوي. ونتيجة لفقدان أيونات الهيدروجين في السيتوبلازم فإن الماء يدخل الى الخلايا، **الشكل 8–6**. وينجم عن ضعف جدران الخلايا وزيادة ضغطها الداخلي استطالة الخلية. يختلف تأثير الأكسين في النبات بصورة كبيرة بناءً على تركيزه وموقع عمله.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

فمثلاً نجد أن التركيز الذي يشـــجع نمو الساق يمكن أن يثبط نمو الجذر في بعض النباتات. وتنبه التراكيز المنخفضة من الأكسين عادة استطالة الخلية، في حين قد تسبب التراكيز الأعلى أثرًا معاكسًا. ووجود هرمونات أخرى يمكن أن يعدّل أثر الأكسين.

يسبب وجود الأكسين ظاهرة تسمى ســيادة القمة النامية، ويكون فيها نمو النبات غالبًا نحو الأعلى، ولا يوجد إلا القليل منه في الفروع الجانبية. فالأكســين الذي تُنتجــه القمة النامية يثبّط نمو الأغصان الجانبية. إن إزالة القمة النامية للنبات يقلّل من كمية الأكسين الموجودة، وهذا يشجع نمو الفروع الجانبية، ويبين **الشكل 9–6**، الفرق الذي تحدثه هذه الإزالة.

تؤثر الأكسينات في تكوين الثمار، وتؤخر سقوطها. وتشير البحوث إلى أن إنتاج الأكسين يتباطأ بزيادة نضج الخلية. فعند نهاية فصل النمو تؤدي قلة كميات الأكسين في الأشجار والشجيرات إلى سقوط الثمار الناضجة إلى الأرض، وسقوط الأوراق قبل الشتاء.

ماذا قرأت؟ **قارن** كيف يمكن أن تؤثر التراكيز المختلفة للأكسين في النبات؟

الجبريلينات Gibberellins تسبب هذه المجموعة من هرمونات النبات والتي تسمى **الجبريلينات** gibberellins استطالة الخلايا، وتحفز انقسامها، كما تؤثر في نمو البذور. وتنتقل الجبريلينات في الأنسجة الوعائية. وتفتقر النباتات القصيرة إلى الجينات المنتجة للجبريلينات أو إلى الجينات المنتجة لمستقبلاتها. وعندما تعالج هذه النباتات بالجبريلينات فإن تلك التي تفتقر إلى الجينات المنتجة للجبريلينات ولكن لديها الجينات المنتجة لمستقبلاتها تزداد طولاً. إن معاملة النبات بالجبريلينات يمكن أن يسبب زيادة في طوله، **الشكل 10–6**.

الإثيلين Ethylene الهرمون الغازيّ الوحيد المعروف هو **الإثيلين** ethylene، وهو مركب بسيط مكوّن من ذرتي كربون وأربع ذرات هيدروجين. ويوجد الإثيلين في الثمار الناضجة والأوراق والأزهار المتساقطة.

الشكل 9–6
العلوية: يثبّط الأكســين نمــوّ الأغصان الجانبية. **السفلية**: تقلّل إزالة القمة النامية للنبات مــن كمية الأكســين، ولذا تنمو الأغصان الجانبية.

الشــكل 10–6 هذه النباتات ليس لديها جينات لإنتــاج الجبريلينات. لكن النبات الــذي على اليمين نما عندما تم معالجته بالجبريلينات.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم وظائف أعضاء النبات (فسيولوجيا النبات) Plant physiologist يدرس مواضيع عديدة، منها كيمياء النباتات وكيف تعمل الهرمونات. يعمل العديد ومنهم في التعليم والبحث في الجامعات.

ولأن الإثيلين غاز فإنه يمكن أن ينتشر بين الخلايا، كما أنه ينتقل عبر أوعية اللحاء. وعلى الرغم من أن الإثيلين يمكن أن يؤثر في أجزاء أخرى من النبات إلا أن تأثيره الأساسي هو في الثمار في مرحلة النضج. يجعل الإثيلين جدران خلايا الثمار غير الناضجة ضعيفة، ويؤدي إلى تحليل الكربوهيدرات المعقدة فيها إلى سكريات بسيطة. ونتيجة لتعرض الثمار للإثيلين فإنها تصبح طرية أكثر، كما تصبح أكثر حلاوة من الثمار غير الناضجة. ولأن الثمار الناضجة معرضة للإصابة بالكدمات بسهولة في أثناء الشحن فإن المزارعين غالبًا يشحنون ثمارهم غير ناضجة، وما أن تصل إلى وجهتها فإنهم يعالجونها بالإثيلين، مما يسرّع في نضجها.

السايتوكاينينات Cytokinins هرمونات تحفز النمو، يتم إنتاجها في الخلايا السريعة الانقسام. وهي تنتقل إلى الأجزاء الأخرى من النبات عبر أوعية الخشب. تشجع **السايتوكاينينات** cytokinins انقسام الخلايا بتحفيزها على بناء البروتينات الضرورية للانقسام المتساوي وانقسام السيتوبلازم. وحيث إن السايتوكاينينات تزيد معدل النمو فإنها تضاف غالبًا إلى الوسط الغذائي المستعمل في زراعة الأنسجة النباتية، وهي تقنية تتم في المختبر لتنمية نباتات من قطع أنسجة نباتية. يؤثر وجود الهرمونات الأخرى، وبخاصة الأكسين، في عمل السايتوكاينينات. فمثلاً ينبه هرمون الأكسين (إندول حمض الخليك) وحده في استطالة الخلايا، ولكن عند إضافته إلى السايتوكاينين فإنه يشجع الانقسام السريع للخلايا، ويؤدي إلى نموّ سريع.

ماذا قرأت؟ **صف** طريقتين تؤثر بهما الهرمونات في النباتات.

تجربة 6-2

استقصاء استجابة النبات

كيف تستجيب النباتات للمنبهات الخارجية؟ تحتوي النباتات على مجموعة من الآليات التي تستجيب من خلالها للظروف البيئية المحيطة، ومنها الضوء، وفي هذه التجربة ستتعرف استجابة النباتات للضوء.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. ازرع **بذور البازلاء** في ثلاثة أصص في كل منها 4 بذور، قبل أربعة أيام من بدء التجربة، وسجل ملاحظاتك حولها.
3. أحضر **صندوقين من الكرتون** قاعدتها مفتوحة، ثم اعمل شقًّا أفقيًّا في منتصف أعلى أحد الأوجه الجانبية لأحدهما بطول 12 cm وعرضه 3 cm.
4. ضع الأصص الثلاثة في مكان مضيء ثم غطِ اثنان منها بالصناديق الكرتونية بحيث يكون الشق في أحد الصندوقين مواجهًا للضوء، واترك الثالث تحت الضوء مباشرة.
5. لاحظ النباتات بعد 24 ساعة من التجربة وسجل ملاحظاتك.

التحليل

1. **حدّد** نوع الهرمون الضروري لتحفيز النباتات على تغيير اتجاه نموها.
2. **التفكير الناقد.** إذا كررت التجربة مرة أخرى، بحيث عملت شقان في وجهين متقابلين من الصندوق الكرتوني أحدهما باتجاه الضوء، ماذا تتوقع أن يحدث؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

استجابات النبات Plant Responses

هل تساءلت يومًا عن سبب نمو أوراق نباتات المنزل الداخلية متجهةً نحو الشبابيك أو عن سبب تسلق أغصان شجرة العنب أحد الأعمدة؟ إن هذه الظواهر وأحداثًا كثيرة غيرها - منها نمو الجذور نحو الأسفل، ونمو الساق نحو الأعلى، وإسقاط النباتات لأوراقها، واصطياد أوراق بعض النباتات للحشرات - كلها استجابات من النباتات لبيئاتها.

استجابة الحركة Nastic responses إن استجابة النبات التي تسبب الحركة بغض النظر عن اتجاه المنبه تسمى **استجابة الحركة** nastic response. وهذه ليست استجابة نمو، بل هي استجابة مؤقتة، ويمكن تكرارها مرات عديدة.

يشكّل انطباق أوراق النبتة آكلة الحشرات (فينوس) مثالًا آخر على استجابات الحركة. وتبين البحوث الحديثة أن هذا ينتج عن حركة الماء في نصف من الورقة الصائدة. وتسبب الحركة تمددًا غير متساوٍ إلى أن يتغير الشكل المقوس للورقة فجأة ويطبق المصيدة، كما يعد نمو نبات تباع الشمس وحركته تبعًا لمكان وجود الشمس من الأمثلة على استجابات الحركة.

استجابات النمو Tropic responses ماذا تلاحظ على النباتات في **الجدول 2-6**؟ إنها جميعها أمثلة على استجابات النمو أو الانتحاء. **فالانتحاء** tropism هو نموّ النبات استجابةً لمنبهٍ خارجي. فإذا كان نمو النبات نحو المنبه سُمي انتحاءً موجبًا، وإذا كان النمو بعيدًا عن المنبه سُمي انتحاءً سالبًا. وهناك أنواع عديدة من الانتحاء تشمل الانتحاء الضوئي والانتحاء الأرضي والانتحاء اللمسي. فالانتحاء الضوئي هو استجابة نمو النبات للضوء، وسببه التوزيع غير المتساوي للأكسين. ويوجد القليل من الأكسين في جانب النبات المعرض للضوء، والكثير منه في الجانب البعيد عن مصدر الضوء. ولأن الأكسين يسبب استطالة الخلايا فإن الخلايا على الجانب البعيد من مصدر الضوء تستطيل، مما يجعل ذلك الجانب من الساق أطول، فتكون النتيجة أن ينحني الساق في اتجاه مصدر الضوء. أما الانتحاء الأرضي فهو استجابة نمو النبات نحو مركز الجاذبية الأرضية. وتُظهر الجذور عادة انتحاءً أرضيًّا موجبًا. إن نمو الجذور إلى أسفل في التربة يساعد على تثبيت النبات، ويجعل الجذور ملامسة للماء والأملاح المعدنية. لكن الساق تظهر انتحاءً أرضيًّا سالبًا عندما تنمو إلى أعلى بعيدًا عن مركز الجاذبية الأرضية. وهذا النمو يوزع الأوراق بحيث تتعرض لأكبر كمية من الضوء. وهناك نوع ثالث من الانتحاء في بعض النباتات، ألا وهو الانتحاء اللمسي. وهذا النوع هو استجابة نمو النباتات للمؤثرات الآلية (الميكانيكية)، ومنها ملامسة جسم ما أو مخلوق ما أو حتى الريح. إن الانتحاء اللمسي واضح في النباتات المتسلقة التي تلتف حول أي تركيب قريب منها كشجرة أو سياج.

الجدول 2–6 **انتحاء النباتات**

الانتحاء	المنبه/الاستجابة	مثال
الانتحاء الضوئي Phototropism	الضوء • النمو نحو مصدر الضوء	
الانتحاء الأرضي Gravitropism	الجاذبية • موجب: نمو نحو الأسفل • سالب: نمو نحو الأعلى	
الانتحاء اللمسي Thigmotropism	ميكانيكي • نمو نحو نقطة التماس أو الملامسة.	

التقويم 2–6

الخلاصة

- تُنتج الهرمونات النباتية بكميات قليلة.
- قد تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية، والنمو وتمايز الخلايا.
- استجابات الحركة لا تعتمد على اتجاه المنبه.
- الانتحاء هو استجابة للمنبهات من اتجاهٍ محدد.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدد** الهرمونات النباتية وصنفها بناءً على تأثيراتها في النباتات.
2. **سمّ** ثلاثة أنواع من الانتحاءات في النباتات وصفها.
3. **قارن** بين الانتحاءات واستجابات الحركة.

التفكير الناقد

4. **صمّم نموذجًا** يبين كيف ينتقل الأكسين من خلية إلى أخرى.
5. **احكم** على أساس علمي على المقولة الشائعة "تفاحة متعفنة واحدة تتلف صندوقاً كاملاً".

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اكتشافات في علم الأحياء

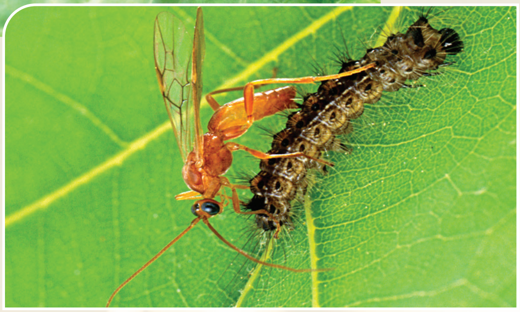
النباتات ودفاعاتها Plants and their defenses

عندما تفكر في السلسلة الغذائية قد يتبادر إلى ذهنك صورة مفترس يطارد فريسة ويقبض عليها. لكن النباتات مستقرة وجالسة، وهي لا تستطيع الهرب من آكل الأعشاب. فهل تدافع النباتات عن نفسها ضد المفترسات؟ إن فهم الدفاعات الكيميائية للنباتات يساعد الإنسان على ابتكار استراتيجيات لحماية المحاصيل والنباتات الأخرى.

دافع أو مت وهب الله سبحانه وتعالى بعض النباتات تكيفات متنوعة، منها الشعيرات، والأشواك المختلفة الحجوم على بشرتها لردع المفترسات. ولبعضها الآخر ترسبات من السيليكا داخل أوراقها تجعلها صعبة القضم، وقد تتلف أسنان المفترس. تفرز عديد من النباتات مركبات ثانوية ليست مهمة في أيض النبات، بعض هذه المركبات قد تكون مُرّة الطعم أو سامة للمفترس، وبعضها الآخر قد يؤثر في هضم المفترس أو نموه أو تكاثره. وقد اكتشف الباحثون عام 2005 م أن جذور نوع من الملفوف تنتج موادّ تحمي النبات بقتلها أنواعًا عديدة من البكتيريا في التربة.

هل هي حشرة أم لا؟ من المعروف أن النباتات تميز بين هجوم حشرة وأنواع أخرى من التلف في أجزائها، ومنها التقليم بوساطة المزارع. بعض النباتات تستجيب لمواد كيميائية معينة في لعاب الحشرة. فقد وجد مجموعة من علماء الكيمياء الحيوية أنه عندما تقضم حشرة أوراق نبات ما تنتشر إشارة كيميائية في جسم النبات كاملًا. وهذه الإشارة تحفز زيادة إنتاج مادة سامة في أوراق النبات جميعها، وليس في الورقة التي قُضمت فحسب.

طلب النجدة عندما تهاجم آكلات الأعشاب بعض النباتات، يطلق النبات إشارات كيميائية (روائح مثلاً) تجذب الأعداء الطبيعيين لآكل الأعشاب هذا. فبعض النباتات مثلًا – في الصورة– يرشد بعض أنواع الدبابير المتطفلة إلى يرقة الفراشة (اليسروع) التي قضمت أوراقه.



عندما تتغذى يرقة الفراشة (اليسروع) على النبات فإن لعاب اليرقة يجعل النبات يفرز مواد كيميائية في الهواء تجذب نوع من الدبابير المتطفل - وهو مفترس ليرقة الحشرة.

وقد أكدت الدراسات أن المواد الكيميائية المستعملة في الإشارة ليست مخزونة في النبات السليم. ولكن النباتات تطلق الإشارات الكيميائية بمجرد البدء بقضمهما، كما أنها تحرّرها بكمية أكبر في الوقت الذي يكون فيه الأعداء الطبيعيون أكثر نشاطًا. علمًا بأن آكلات الأعشاب المختلفة تطلق أيضًا إشارات كيميائية مختلفة. وعلى الرغم من أن التقدم في التقنيات الكيميائية والتقنيات الحيوية قد سارع في اكتشاف إشارات النباتات الطبيعية التي قد تساعد على حماية المحاصيل إلا أن الدليل يبين أن الإشارات الكيميائية قد تساعد المفترس آكل الأعشاب على اكتشاف الغذاء أيضًا.

الكتابة في علم الأحياء

إعلان تصوّر أنك طورت مبيدًا حشريًّا جديدًا فعالاً لمقاومة الآفات يستعمل دفاعات النباتات الطبيعية. اكتب إعلانًا تصف فيه المنتج، وكيف يختلف عن المنتجات الأخرى المتوافرة؟ وكيف يمنع نموّ الآفات المقاومة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

صمم بنفسك

الإنترنت: كيف تستجيب النباتات القزمة للجبريلينات؟

الخلفية النظرية: تفتقر بعض النباتات القزمة إلى جين إنتاج الجبريلين، وبعضها يفتقر إلى مستقبلات الجبريلين. ستصمم في هذا المختبر تجربة تحدّد فيها هل يمكن أن تغير نمط نموّ بادرات نبات بازلاء قزم بإضافة حمض الجبريليك (شكل من أشكال الجبريلينات) إليها؟

سؤال: هل تستطيع استعمال الجبريلينات لتغيير نمو نباتات البازلاء القزمة؟

المواد والأدوات

- حمض الجبريليك بتراكيز مختلفة.
- ورق مقوى.
- سائل غسل الأطباق (عامل ترطيب).
- بادرات نبات البازلاء القزمة في قواريرها.
- زجاجات لرش الماء (رشاش ماء).
- أعواد قطن لتنظيف الأذن.
- أكياس بلاستيك كبيرة .
- ماء مقطر .
- ورقة رسم بياني.
- مصدر ضوء.
- سماد للنباتات.
- مسطرة مترية .

اختر المواد الملائمة لهذا المختبر.

إجراءات السلامة

خطط ونفذ التجربة

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. كوِّن فرضية تتضمن كيفية تأثير الجبريلينات في نمو نباتات البازلاء القزمة.
3. صمّم تجربة لاختبار فرضيتك، وتحقق من شمولها المجموعة الضابطة.
4. ضع قائمة بالعوامل التي يجب أن تبقى ثابتة في مجموعاتك التجريبية والضابطة.
5. حدّد طريقة لإضافة حمض الجبريليك إلى النباتات، وقرّر كم مرة ستضيفه.
6. صمّم جدولًا لتسجل بيانات التجربة.
7. تأكد أن معلمك قد أقرّ خطتك قبل أن تبدأ العمل.
8. اجمع المتطلبات التي تحتاج إليها، وجهز بياناتك التجريبية والضابطة.
9. أكمل التجربة كما أقرّها لك معلمك.
10. سجل قياساتك وملاحظاتك عن النباتات في جدول البيانات.
11. مثّل بيانيًّا بيانات كل من المجموعتين التجريبية والضابطة.
12. **التنظيف والتخلص من الفضلات** أعدْ حمض الجبريليك غير المستعمل إلى معلمك للتخلص منه. وفرّغ زجاجات الرش جيدًا واغسلها بالماء. تخلص من أعواد القطن بطرحها في سلة النفايات، وتخلص أيضًا من النباتات حسب إرشادات المعلم.

حلِّل ثم استنتج

1. **حلّل** الرسم البياني الخاص بك، وحدّد تأثير حمض الجبريليك في النباتات القزمة.
2. **كوّن فرضية** بناءً على نتائجك، واشرح سبب تقزم نباتات البازلاء.
3. **التفكير الناقد.** لماذا يُعد التغير الوراثي - ومنه ذلك الذي يجعل نباتات البازلاء لا تُنتج الجبريلينات - مشكلةً للنباتات في البيئات الطبيعية؟
4. **تحليل الخطأ.** ما الذي تعتقد أنه حدث في تجربتك وجعل نتائجك غير دقيقة؟ وكيف يمكن أن تغير من خطوات عملك؟

شارك بياناتك

مراجعة قارن رسومك البيانية برسوم الطلبة الآخرين الذين أكملوا هذه التجربة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 6

دليل مراجعة الفصل

المطويات **وضح.** على الوجه الخلفي للمطوية، وضح دور الهرمونات النباتية وآلية عملها.

المفردات		المفاهيم الرئيسة
6 – 1 خلايا النبات وأنسجته		
الخلية البرنشيمية الخلية الكولنشيمية الخلية الإسكلرنشيمية النسيج المولّد (المرستيمي) الكامبيوم الوعائي الكامبيوم الفليني البشرة	الخلية الحارسة الخشب الأوعية الخشبية القصيبات اللحاء الأنابيب الغربالية الخلية المرافقة النسيج الأساسي	**الفكرة الرئيسة** **تتكون أنسجة النباتات من خلايا مختلفة.** • هناك ثلاثة أنواع من خلايا النبات، هي: البرنشيمية والكولنشيمية والإسكلرنشيمية. • يرتبط تركيب الخلية النباتية مع وظيفتها. • هناك أنواع عدة من الأنسجة النباتية، منها: المرستيمية والخارجية والوعائية والأساسية. • يشكّل الخشب واللحاء الأنسجة الوعائية.
6 – 2 هرمونات النبات واستجاباتها		
الأكسين الجبرلين الإثيلين السايتوكاينين استجابة الحركة الانتحاء		**الفكرة الرئيسة** **يمكن أن تؤثر الهرمونات في استجابات النبات لبيئته.** • تُنتَج الهرمونات النباتية بكميات قليلة. • قد تؤثر الهرمونات في انقسام الخلية، والنمو وتمايز الخلايا. • استجابات الحركة لا تعتمد على اتجاه المنبه. • الانتحاء هو استجابة للمنبهات من اتجاهٍ محدد.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

6–1

مراجعة المفردات

ميّز بين كل كلمتين فيما يأتي:

1. الإسكلرنشيمي، الكولنشيمي.

2. الخشب، اللحاء.

3. البشرة، الخلية الحارسة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. ما النسيج الوعائي الذي ينقل الماء والأملاح المعدنية المذابة من الجذور إلى الأوراق؟

a. البشرة.
b. البرنشيمي.
c. الخشب.
d. اللحاء.

5. أيّ المناطق الآتية تحوي خلايا تنقسم باستمرار؟

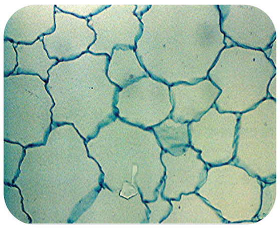
a. القمة النامية.
b. النسيج الوعائي.
c. النسيج الخارجي.
d. النسيج المولد الجانبي.

6. أيّ الخلايا الآتية تقوم بعملية البناء الضوئي؟

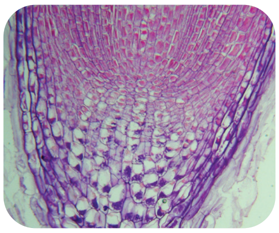
a. الخلايا الكولنشيمية.
b. الخلايا البرنشيمية.
c. الخلايا الإسكلرنشيمية.
d. الشعيرات الجذرية.

استعمل الصور أدناه للإجابة عن السؤالين 7، 8

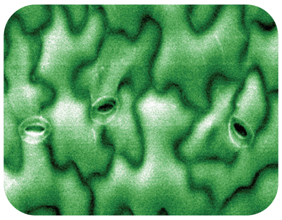
7. أيّ الصور الآتية تظهر فيها الشعيرات؟



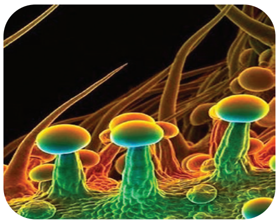
.A



.B



.C



.D

8. أيّ الصور تظهر فيها الخلايا البرنشيمية؟

a. .A
b. .B
c. .C
d. .D

9. أيّ ممّا يأتي يشكّل فرقًا بين النباتات البذرية اللازهرية والنباتات البذرية الزهرية؟

a. وجود الثغور في الجذور.
b. كمية السكر المخزنة في الجذور.
c. وجود القصيبات والأوعية.
d. تركيب الخلايا البرنشيمية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة بنائية

استعمل الصورة أدناه للإجابة عن السؤال 10.

10. **إجابة قصيرة.** اشرح فائدة واحدة لهذه الأوعية.

11. **إجابة قصيرة.** قارن بين النسيج المولد والنسيج الأساسي.

12. **نهاية مفتوحة.** هل تعتقد ان تعيش النباتات دون وجود النسيج الاساسي؟ ادعم اجابتك بدليل.

التفكير الناقد

13. **ارسم** منظمًا تخطيطيًّا يضم كل نوع من الأنسجة الأربعة المختلفة، ووظائفها وأنواع الخلايا التي تحتويها.

14. **قارن** بين الأنسجة الخارجية للنبات وجلدك، واذكر بعض الخصائص التي تجعل جلدك أكثر كفاءة من بشرة النبات.

6-2

مراجعة المفردات

اشرح الفرق بين كل زوج من المصطلحات الآتية، ثم وضح كيف يرتبطان معًا:

15. الهرمون، الأكسين.

16. الإثيلين، الجبريلين.

17. استجابة النمو، استجابة الحركة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

18. ما الذي يصف الانتحاء الضوئي الموجب؟

a. ينمو النبات بعيدًا عن مصدر الضوء.
b. ينمو النبات نحو مصدر الضوء.
c. ينمو النبات نحو مركز الجاذبية.
d. ينمو النبات بعيدًا عن مركز الجاذبية.

19. أيّ مما يأتي له دور في نقل الجبريلينات عبر النبات؟

a. الكامبيوم الفليني.
b. الخلايا الحارسة.
c. النسيج الوعائي.
d. القمة النامية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

استعمل الصور للإجابة عن السؤالين 20، 21.

20. ما الذي تبينه هذه الصور؟

a. سيادة القمة النامية.

b. التقزم.

c. سقوط الأوراق.

d. استجابة الحركة.

21. ما الهرمون الذي يسيطر على هذه الحالة النباتية؟

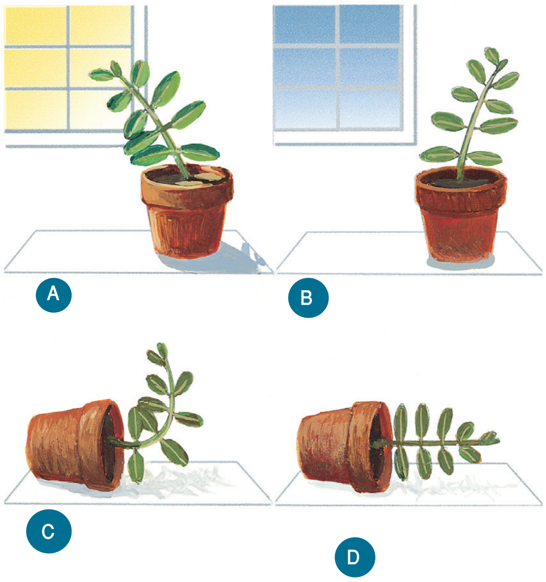
a. الأكسين.

b. الجبريلين.

c. الإثيلين.

d. السايتوكاينين.

استعمل الصور أدناه للإجابة عن السؤال 22.



22. أيّ السيقان في الصور السابقة تظهر انتحاءً أرضيًّا سالبًا؟

a. A

b. B

c. C

d. D

أسئلة بنائية

23. **نهاية مفتوحة.** ناقش ما يؤيد وما يناقض نقل الأكسين من خلية برنشيمية إلى أخرى بدلاً من نقله عبر النسيج الوعائي.

24. **إجابة قصيرة.** ارجع إلى **الشكل 8-6** ووضح كيف يسبب الأكسين استطالة الخلية؟

25. **إجابة قصيرة.** اشرح لماذا تكون استجابات الانتحاء دائمة، في حين تكون استجابات الحركة مؤقتة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التفكير الناقد

26. **صمّم تجربة** تحدد فيها ما إذا كانت نباتات الفول تظهر سيادة للقمة النامية.

27. **قوّم** المقولة الآتية: "البذور التي تُنقع في الجبريلينات تنمو أسرع من البذور التي لم تُنقع".

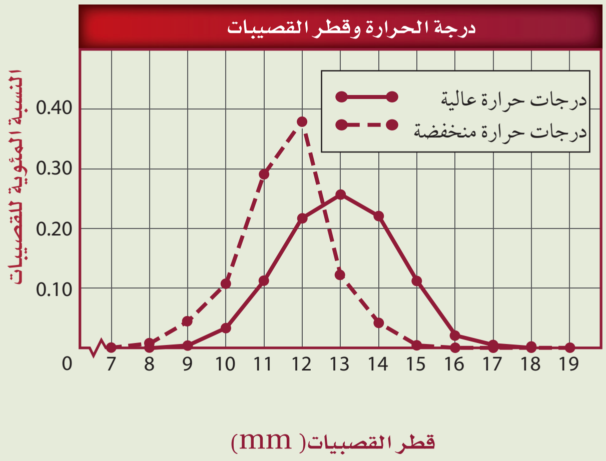
28. **مهن مرتبطة مع علم الأحياء** يتعين على المزارعين أن يستعملوا الهرمونات النباتية لزيادة إنتاج المحاصيل. ترى، هل هذه فكرة صائبة؟ قارن ذلك باستعمال هرمونات النمو التي تستعمل لزيادة إنتاج الحليب في الأبقار.

تقويم إضافي

29. **الكتابة في علم الأحياء** لو تمكّنت من تطوير هرمون نباتي جديد، فما الذي تود أن يقدمه للنبات؟ وكيف سيعمل؟ وماذا تسميه؟

أسئلة المستندات

درس فريق من علماء الأحياء تأثيرات درجة الحرارة وثاني أكسيد الكربون في الصنوبر. والرسم البياني أدناه يُمثل كميات القصيبات وأقطارها المختلفة التي نمت عند درجات حرارة مختلفة. استعمل الرسم البياني للإجابة عن السؤالين 30، 31.



30. كيف تؤثر درجة الحرارة في قطر خلايا القصيبات في أثناء نموها؟

31. كيف ترتبط درجة الحرارة وقطر القصيبات مع وظيفة القصيبات؟

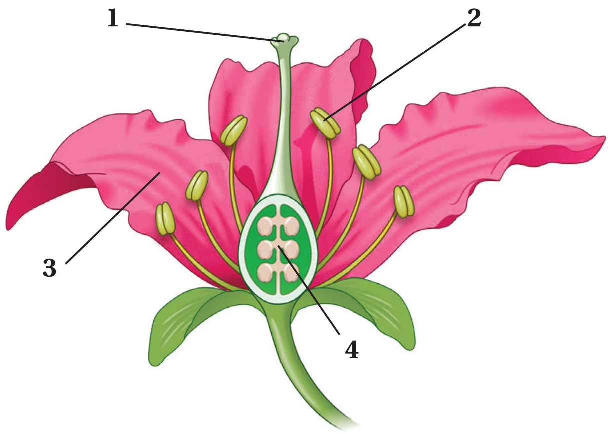
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة الاختبار من متعدد

1. ما النسيج الوعائي المكوّن من خلايا أنبوبية حيّة تنقل السكر من الأوراق إلى أجزاء النبات الأخرى؟

a. الكامبيوم. **c.** اللحاء.
b. البرنشيمي. **d.** الخشب.

استعمل الرسم أدناه للإجابة عن السؤال 2.



2. أيّ الهرمونات الآتية يحفز عملية نضج الثمار:

a. الأكسين.
b. السيتوكاينين.
c. الإثيلين.
d. الجبريلين.

3. ما أهمية الخلايا الإسكلرنشيمية في النباتات.

a. تبادل الغازات.
b. البناء الضوئي.
c. تخزين الغذاء.
d. الدعامة.

4. أيّ ممّا يأتي يساهم في نقل الغذاء في الأشجار؟

a. تعاقب الأجيال.
b. الازهار.
c. البذور.
d. الأنسجة الوعائية.

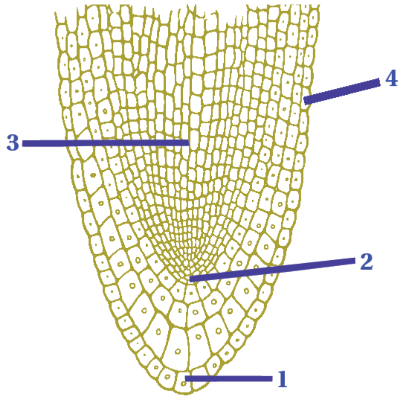
5. أيّ مما يأتي يعد مثالاً على استجابات الحركة:

a. نبات الخيزران الذي ينمو في اتجاه الضوء.
b. جذور نبات الذرة التي تنمو إلى الأسفل.
c. نباتات تباع الشمس التي تتجه نحو الشمس.
d. نبات آكل الحشرات الذي ينمو على الأشجار.

6. ما وظيفة النسيج المولد القمي في الجذر؟

a. إنتاج خلايا جديدة لنمو الجذر.
b. مساعدة أنسجة الجذر على امتصاص الماء.
c. حماية أنسجة الجذر في أثناء نموه.
d. توفر الدعامة لأنسجة الجذر.

استعمل الرسم التخطيطي أدناه للإجابة عن السؤال 7.



7. أيّ التراكيب في الرسم أعلاه ينتج خلايا ينجم عنها زيادة طول الجذر؟

a. 1 **c.** 3
b. 2 **d.** 4

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

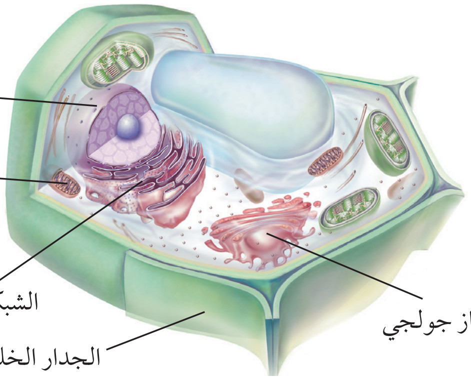
أسئلة الإجابات القصيرة

8. سمِّ ثلاثة أنواع من الخلايا النباتية واذكر وظائفها.

9. اذكر وظائف كل نوع من نوعي الأنسجة الوعائية الموجودة في النباتات، وصفه.

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الرسم الآتي للإجابة عن السؤال 10.



10. بناءً على خصائص الخلية الموضحة أعلاه، كيف تصنّف المخلوق الذي أُخذت منه هذه الخلية؟ برّر طريقة تصنيفك لهذا المخلوق.

11. استنتج كيف تدعم الخلايا الكولنشيمية أنسجة النبات المجاورة لها.

12. انقد الفكرة القائلة إن جذور النباتات في التربة لا تحتاج إلى الأكسجين لتعيش.

سؤال مقالي

الماء مهم لوظائف النبات؛ فهو مثلاً أحد المواد المتفاعلة في تفاعلات البناء الضوئي. يدخل الماء النبات بوساطة الانتشار. ومعظم الماء الذي يدخل إلى النبات ينتشر عبر الجذور. لذا فإن الماء يجب أن يكون أعلى تركيزًا في التربة منه في الجذور. وبعد دخول الماء إلى الجذور ينتقل خلال الأنسجة الوعائية إلى الأنسجة التي تحتوي على البلاستيدات الخضراء، ثم ينتشر في الخلايا النباتية كذلك، فيجعلها أكثر صلابة.

استعمل المعلومات في الفقرة أعلاه في الإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقالة.

13. يذبل النبات عندما تكون كمية الماء التي يفقدها أكثر من تلك التي يكتسبها. اشرح دور الخلايا الحارسة في تنظيم كمية الماء في النبات.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
الدرس/ الفصل	6–1	6–2	6–1	6–1	6–2	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1	6–1
الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 7

التكاثر في النباتات الزهرية
Reproduction in Flowering Plants

الفكرة العامة تتضمن دورات حياة النباتات طرائق مختلفة للتكاثر.

1 – 7 الأزهار

الفكرة الرئيسة الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.

2 – 7 النباتات الزهرية

الفكرة الرئيسة يمكن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.

حقائق في علم الأحياء

- تنمو أكبر زهرة في العالم على النبات الاستوائي *Rafflesia arnoldii*، ولها رائحة تشبه رائحة اللحم المتعفن.
- من أضخم البذور بذرة جوز الهند من النوع *Lodoicea maldivica* والتي تنمو في جزر المالديف، إذْ قد تزن أكثر من 20 Kg عند نضجها.

تجربة استهلالية

ما تراكيب التكاثر في النبات؟

هل لاحظت أن الأزهار تظهر فجأة أحيانًا على الأشجار والشجيرات والنباتات الأخرى في الربيع؟ هل التقطت يومًا مخروطًا من تحت شجرة صنوبر، وتساءلت لماذا تُكوّن هذه الأشجار المخاريط؟ للنباتات تراكيب تكاثر؛ وهي تتكاثر جنسيًّا، مثلها مثل الكثير من المخلوقات. أما الحزازيات والسرخسيات والمخروطيات والنباتات الزهرية فلها تراكيب تكاثر فريدة. استقص هذه التراكيب خلال هذه التجربة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك للتراكيب التكاثرية في النباتات التي يزودك بها معلمك.
3. لاحظ تراكيب التكاثر في المخروطيات وفي نبات زهري، ثم سجل ملاحظاتك في جدول البيانات.

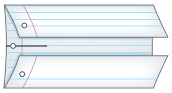
التحليل

1. **حدّد** أوجه التشابه والاختلاف بين تراكيب التكاثر في النباتات.
2. **صف.** بناءً على ما تعرفه عن النباتات، كيف يمكن أن تستعمل النباتات الزهرية الأزهار في تكاثرها؟

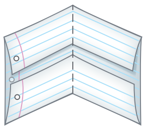
المطويات
منظمات الأفكار

دورة حياة نبات زهري اعمل هذه المطوية لتساعدك على تنظيم ما تعلمته حول دورة حياة النباتات الزهرية.

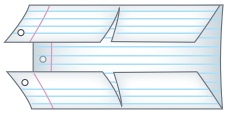
الخطوة 1: ضع علامة على منتصف ورقة من دفتر ملاحظاتك. ثم اطوِ الحافتين العليا والسفلى على أن تتطابقا وتكوّنا مساحتين متساويتين، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اطو الورقة نصفين كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: افتح الورقة المطوية، واقطع بالمقص عند خطوط الطي لتكوّن أربعة ألسنة، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: استعمل قلم تلوين لرسم مراحل الطور البوغي للنباتات الزهرية على الألسنة الثلاثة وتسميتها. استعمل لونًا مختلفًا لرسم الطور المشيجي على اللسان الرابع ثم عنونه.

المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2-7.** في أثناء دراستك لهذا القسم، ارسم مخططًا، وسجل ما تعلمته حول ظاهرة تعاقب الأجيال في النباتات الزهرية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

7-1

الأهداف

- **تحدّد** أجزاء الزهرة ووظائفها.
- **تصف** الأزهار الكاملة، والناقصة، والأحادية الجنس، والثنائية الجنس.
- **تميز** بين أزهار ذوات الفلقة الواحدة وأزهار ذوات الفلقتين.
- **تربط** بين آلية تلقيح الزهرة وتركيبها.
- **توضح** الفترة الضوئية.

مراجعة المفردات

ليليّ Nocturnal: نَشِطٌ في الليل فقط.

المفردات الجديدة

السبلة
البتلة
السّداة
الكربلة (المتاع)
الفترة الضوئية
الفترة الحرجة
نباتات النهار القصير
نباتات النهار الطويل
نباتات النهار المتوسط
نباتات النهار المحايد

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

الأزهار Flowers

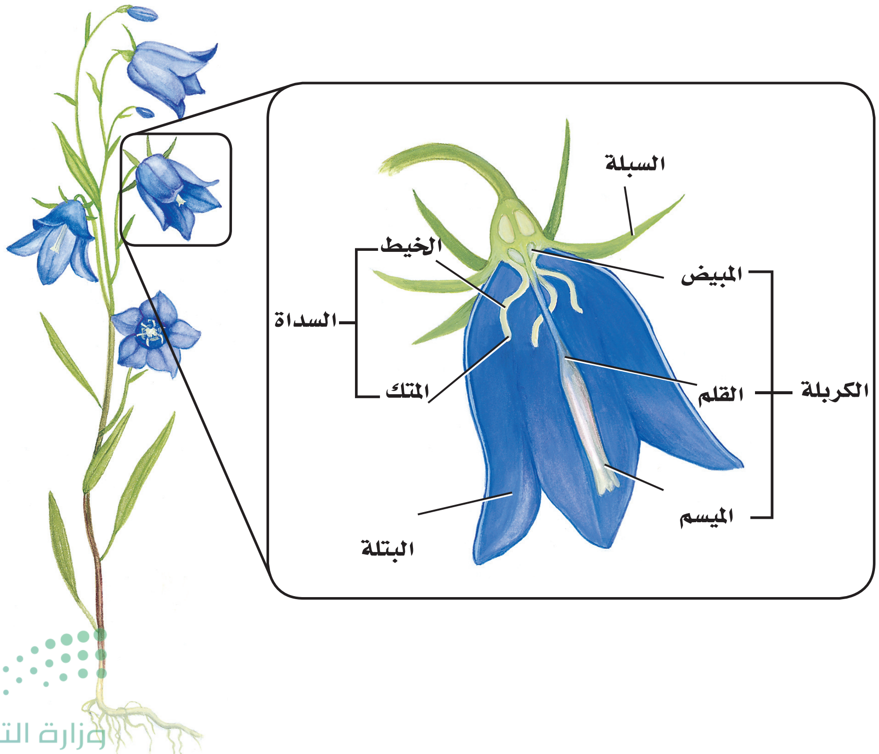
الفكرة الرئيسة الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.

الربط مع الحياة هل سبق أن ارتديت طوقًا مُزيّنًا بالأزهار؟ أو لعلك أعطيت والدتك زهرة لتشعرها بمدى تقديرك لها. ربما تستطيع أن تتذكّر العديد من المواقف التي كانت الأزهار تعني لك شيئًا مهمًا. إن الدور الأهم للأزهار في النباتات الزهرية من وجهة النظر العلمية هو التكاثر الجنسي.

أعضاء الزهرة Flower Organs

تُستعمل تعابير عديدة لوصف الأزهار، منها البرتقالي والأرجواني الداكن والأبيض وذات الرائحة المنعشة أو العفنة وغيرها. إن لون الأزهار وشكلها وحجمها يحدّده التكوين الوراثي لكل نوع. ومن المهم أن نتذكّر أن الأزهار تختلف في الشكل والتركيب من نوع إلى آخر.

وللأزهار عدة أجزاء؛ فبعض الأجزاء تقدم الدعامة أو الحماية، ولبعضها الآخر علاقة مباشرة بعملية التكاثر. وللزهرة عمومًا أربعة أعضاء، هي السبلات والبتلات والأسدية وكربلة واحدة أو أكثر، **الشكل 1-7**. تحمي **السبلات** sepals براعم الأزهار، وقد تبدو في صورة أوراق خضراء، أو تشبه أوراق البتلات. وتكون **البتلات** petals ملوّنة عادة، ويمكن أن تجذب الملقّحات، وتوفر لها موضع للوقوف على الزهرة. وإذا وجدت السبلات والبتلات فإنها تكون عادة متصلة بعنق الزهرة.



الشكل 1–7 للزهرة النموذجية أربعة أعضاء، وهي: السبلات والبتلات والأسدية وكربلة واحدة أو أكثر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

معظم الأزهار لها مجموعة **أسدية** stamens، أيْ تراكيب تكاثر ذكرية. وتتكون السداة من جزأين، هما: الخيط filament والمتك anther، والخيط هو الذي يحمل المتك ويدعمه. ويوجد داخل المتك خلايا تنقسم انقسامًا منصفًا، ثم تنقسم انقسامات متساوية لتكوّن حبوب اللقاح pollen grains. ويتكوّن في النهاية مشيجان مذكّران داخل كل حبة لقاح. **الكربلة** pistil هي عضو التكاثر الأنثوي، ويوجد كربلة واحدة أو أكثر في مركز الزهرة. وتتكون من ثلاثة أجزاء، هي: الميسم stigma والقلم style والمبيض ovary. ويشكّل الميسم قمة الكربلة، وهو المكان الذي يحدث فيه التلقيح. أمّا القلم فهو الجزء الذي يربط الميسم بالمبيض، ويتكوّن داخل كل نبات مشيجي مؤنث بويضة ناضجة.

تكيّفات الزهرة Flower Adaptations

إن أعضاء الزهرة التي وصفت في الفقرة السابقة توجد في معظم الأزهار. لكن العديد من الأزهار لها تكيفات في عضو أو أكثر من هذه الأعضاء. ويصنّف العلماء الأزهار في ضوء هذه التكيفات.

الفروق التركيبية Structural differences تسمى الأزهار التي لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر أزهارًا كاملة complete. أمّا الأزهار التي تفتقر إلى واحد أو أكثر من هذه الأعضاء فهي أزهار ناقصة incomplete، فأزهار الزنجبيل البرية مثلاً أزهار ناقصة؛ لأنها ليس لها بتلات. ومن الصفات الأخرى للأزهار أنها: ثنائية الجنس perfect، ومنها نبات تباع الشمس، أو أحادية الجنس imperfect، ومنها نبات النخيل. فالأزهار التي لها أسدية وكرابل تسمى ثنائية الجنس. ولبعض النباتات ـ ومنها الخيار والقرع ـ أزهار أحادية الجنس؛ إذ إن لها إما أسدية أو كرابل نشطة تؤدي وظائفها. وتُطلق الأزهار الذكرية – أيْ التي تحوي أسدية – حبوب اللقاح. وتتشكّل الثمار بعد الإخصاب في الأزهار الأنثوية، والمحتوية على الكرابل. يختلف عدد أجزاء الزهرة من نوع إلى آخر. لكن عدد أجزاء الزهرة يستعمل للتمييز بين كل من ذوات الفلقتين وذوات الفلقة الواحدة. فعندما يكون عدد البتلات أربعًا أو خمسًا أو مضاعفاتهما يكون النبات عادة من ذوات الفلقتين. وعادة يكون عدد الأعضاء الأخرى كالسبلات والكرابل والأسدية أربعة أو خمسة أو مضاعفاتهما أيضًا.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

الميسم Stigma

الاستعمال العلمي: هو قمة الكربلة في الزهرة حيث يحدث الإخصاب.

أما **الاستعمال الشائع**: فيشير إلى الحسن والجمال.

تجربة علمية

كيف تنمو الزهرة؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ذوات الفلقة الواحدة

ذوات الفلقتين

■ الشكل 2–7 يمكن تعرّف بعض النباتات على أنها ذوات فلقة أو ذوات فلقتين بوساطة أزهارها.

فلأفراد العائلة الخردلية مثلاً أزهار لها أربع سبلات وأربع بتلات، **الشكل 2-7**. أمّا ذوات الفلقة الواحدة فلها أعضاء زهرية عددها ثلاث أو مضاعفاتها، كما في **الشكل 2-7**. فمثلًا زنابق النهار لها ثلاث سبلات وثلاث بتلات وست أسدية.

آليات التلقيح Pollination mechanisms لأنواع النباتات الزهرية المختلفة أزهار متميزة في الحجم والشكل واللون وترتيب البتلات. ويرتبط العديد من هذه التكيفات التي أبدعها الخالق عز وجل مع التلقيح.

التلقيح بوساطة الحيوانات Animal pollination للعديد من الأزهار التي تُلقح بوساطة الحيوانات ألوان زاهية، **الشكل 3-7**، ولها رائحة قوية، أو تنتج سائلًا حلو المذاق يسمى الرحيق. وعندما تنتقل الحشرات والحيوانات الصغيرة الأخرى من زهرة إلى أخرى باحثة عن الرحيق فإنها تحمل معها حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى. كما تجمع حشرات أخرى حبوب اللقاح غذاءً لها. فالألوان الناصعة والرائحة الطيبة لأزهار التفاح والورد والليلك Lilacs تجذب حشرات، ومنها النحل والفراش والخنافس والدبابير. والأزهار البيضاء أو الصفراء الفاتحة أكثر وضوحًا عند الغسق وفي الليل، وتجذب الحيوانات ليلية المعيشة، ومنها العث والخفاش. وتجذب الرائحة التي تشبه رائحة الفاكهة لبعض الأزهار الخفاش الذي يتغذى على الفواكه، ويساعد في تلقيح أزهارها. وتجذب زهرة رافليسيا Rafflesia – التي لها رائحة اللحم الفاسد – إليها الذباب الملقح. ولا تفرز الأزهار التي تُلقح بوساطة الطيور الكثير من الروائح عادة؛ لأن الطيور لها إحساس محدود بالروائح عادةً، وهي غالبًا تحدد موقع الأزهار بالنظر.

التلقيح بوساطة الرياح Wind pollination الأزهار التي تفتقر إلى الأجزاء الزهرية ذات المظهر الواضح أو التي تفرز الروائح القوية تُلقح عادة بفعل الرياح، **الشكل 3-7**. وتنتج هذه الأزهار كميات كبيرة من حبوب اللقاح الخفيفة الوزن، ممّا يساعد على ضمان سقوط بعض حبوب اللقاح على مياسم أزهار من النوع نفسه. وتقع أسدية الأزهار التي تلقّحها الرياح غالبًا تحت مستوى البتلات، مما يعرضها للرياح. وتكون مياسم هذه الأزهار عادة كبيرة وواسعة، مما يضمن سقوط حبوب اللقاح عليها واستقرارها. وتُلقَّح أزهار معظم الأشجار والحشائش بوساطة الرياح.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

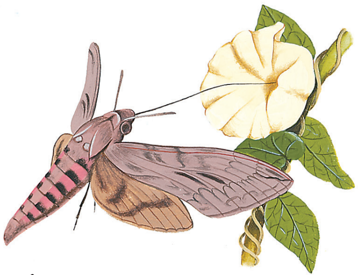
مُهجِّن النباتات Plant Breeder
إن معرفة تركيب الزهرة وآليات التلقيح والوراثة ضروري لهذه المهنة؛ حيث يجري مُهجِّن النباتات تهجينًا انتقائيًّا، بأن يختار نباتات ذات صفات مرغوب فيها ويزاوج بينها، ثم يسجل النتائج.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

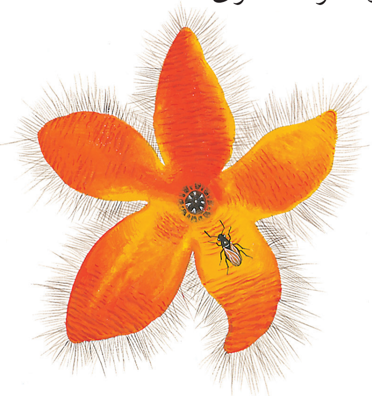
■ **الشكل 3 – 7** للأزهار عدة تكيفات لضمان التلقيح. فحبوب اللقاح يمكن أن تحملها الرياح أو الحيوانات. وعند تناول الحيوان غذاءه يمكن أن تلتصق به حبوب اللقاح، فينقلها إلى الزهرة التي ينتقل إليها بعد ذلك.

تبعثر الرياح حبوب لقاح البلوط الخفيفة الوزن التي يمكن أن تسبب الحساسية للعديد من البشر. فالازهار الدانية تتدلى نحو الأسفل، وتتأرجح مع الرياح.

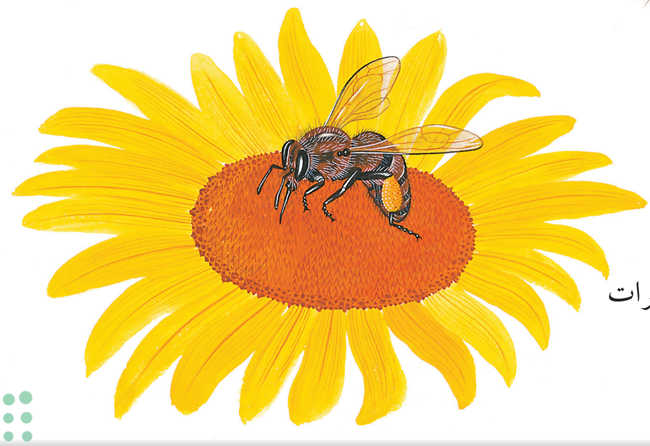
ينجذب الطائر الطنّان إلى الأزهار الحمراء، ويصل منقاره الطويل إلى الرحيق في قاعدة الأزهار. بعض أصباغ الأزهار الصفراء والبرتقالية تعكس ضوءًا غير المرئي لعين الإنسان. ولكن النحل وحشرات أخرى تميزه.



عندما يحل الظلام تجعل الرائحة والألوان الفاتحة العث أكثر قدرة على تحديد موقع بعض الأزهار.



لنبتة الجيفة رائحة منتنة تجذب إليها الذباب والخنافس الملقّحة.



تجذب الأزهار التي تنتج الرحيق الحشرات الملقّحة في أثناء بحثها عن الغذاء غالبًا.

الشكل 4 – 7 ينقل النحل والحشرات الأخرى حبوب اللقاح من زهرة ذكرية إلى زهرة أنثوية، أثناء تنقلها بينهن، فيتم التلقيح وتتكوّن اللاقحة.

حدّد. هل زهرة نبات القرع أحادية أم ثنائية الجنس؟

التلقيح الذاتي والخلطي self and cross pollination إن الأزهار الذاتية التلقيح يمكن أن تلقح نفسها، كما يمكن أن تلقح زهرة أخرى على النبات نفسه. وبعض الأزهار يجب أن تلقح خلطيًّا، حيث تستقبل الأزهار حبوب اللقاح من نبات آخر. ويُعدّ هذا واحدًا من الأسباب التي تجعل الملقّحات تؤدي دورًا مهمًّا في تكاثر النباتات الزهرية. وتقدم الملقّحات طريقة لنقل حبوب اللقاح إلى الأزهار التي يجب أن تُلقح خلطيًّا، كما تضمن أيضًا هذه الملقحات تكاثر الأزهار الأحادية الجنس، ومنها القرع، **الشكل 4–7**.

تجربة استهلالية

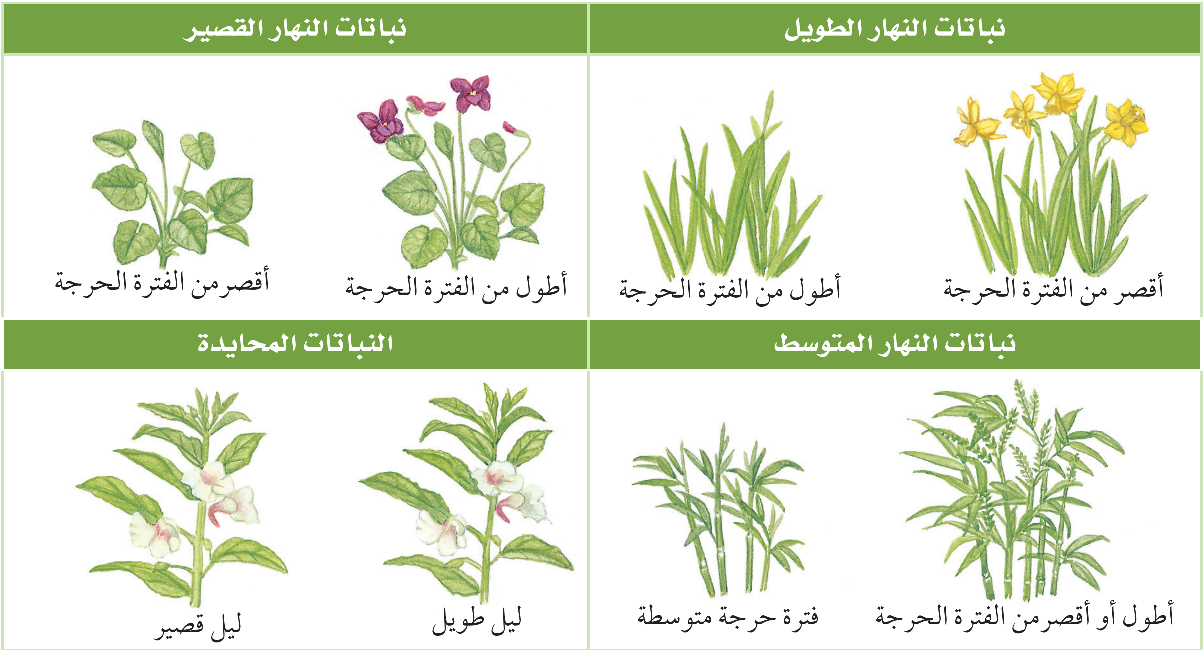
مراجعة بناءً على ما قرأته حول تلقيح النبات، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل.

الفترة الضوئية Photoperiodism لاحظ علماء النبات أن بعض النباتات تزهر في أوقات معينة من السنة فقط. لذا فقد أجروا التجارب لتفسير هذه الظاهرة. وقد انصبّ اهتمام الباحثين على عدد ساعات ضوء النهار التي تتعرض لها النباتات. لكن الباحثين اكتشفوا لاحقًا أن العامل الحاسم الذي يؤثر في الإزهار كان عدد ساعات الظلام المتواصلة التي يتعرض لها النبات، لا عدد ساعات الضوء التي يتعرض لها. ويُسمى هذا العامل بعامل **الفترة الضوئية** photoperiodism. كما عرف العلماء أيضًا أن بداية نمو الزهرة في كل نوع من النبات هو استجابة لعدد من ساعات الظلام، وتسمى **الفترة الحرجة** The critical period للنبات. وتُصنّف النباتات الزهرية في واحدة من المجموعات الأربع الآتية – نباتات النهار القصير، ونبات النهار الطويل، ونباتات النهار المتوسط، والنباتات المحايدة لطول النهار. ويعتمد هذا التصنيف على الفترة الحرجة. ويعكس الاسم هنا التركيز الأصلي للباحثين، أيْ عدد ساعات ضوء النهار. ومن المهم أن نتذكر أن المصطلح الأكثر دقة لنباتات النهار القصير مثلاً هو نباتات الليل الطويل. انظر **الشكل 5–7** في أثناء قراءتك لوصف هذه النباتات.

الفترة الضوئية لنباتات النهار القصير تزهر **نباتات النهار القصير** short- day plants عندما تتعرض يوميًّا لعدد معين من ساعات الظلام أكبر من الفترة الحرجة لها. فمثلاً قد يزهر نبات النهار القصير عندما يتعرض لـ 16 ساعة من الظلام. وتزهر نباتات النهار القصير في الشتاء والربيع والخريف عندما يصبح عدد ساعات الظلام أكثر من عدد ساعات الضوء. ومن نباتات النهار القصير التي قد تعرفها البنفسج والبونسيته Poinsettia والتيولب Tulips وفم السمكة.

الفترة الضوئية لنباتات النهار الطويل تزهر **نباتات النهار الطويل** long- day plants عندما تكون ساعات الظلام أقل من الفترة الحرجة، حيث تزهر هذه النباتات في الصيف عادة، ومنها الخس والسبانخ والبيتونيا Petunias والبطاطس والنجمة Aster وغيرها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 5 – 7** تحدّد الفترة الحرجة للنبات موعد إزهاره.

الفترة الضوئية لنباتات النهار المتوسط عديدٌ من نباتات المناطق الاستوائية من **نباتات النهار المتوسط** intermediate–day plants. وهذا يعني أنها ستزهر ما دام عدد ساعات الظلام ليس كبيرًا ولا صغيرًا. ومن أمثلة هذه النباتات قصب السكر وبعض الحشائش.

الفترة الضوئية للنباتات المحايدة Day–neutral photoperiodism تزهر بعض النباتات بغض النظر عن عدد ساعات الظلام ما دامت تستقبل كمية كافية من الضوء اللازم لعملية البناء الضوئي ودعم النمو. إن النبات الذي يزهر في مدى فوق عدد ساعات الظلام هو **نبات النهار المحايد** day– neutral plant. ومن هذه النباتات الحنطة السوداء والذرة والقطن والطماطم والورد.

تجربة 7-1

المقارنة بين تراكيب الأزهار

كيف تختلف تراكيب الأزهار؟ إن إلقاء نظرة سريعة على حديقة أزهار أو محل بيع الأزهار تبين أن هناك تنوّعًا واسعًا من الأزهار. استقص كيف تختلف هذه الأزهار من نوع إلى آخر؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل الملاحظات والقياسات المتعلقة بتراكيب **الأزهار**.
3. احصل على **الأزهار** المطلوبة لهذه التجربة من معلمك.
4. لاحظ الفروق في التركيب واللون والحجم والرائحة، وحذارِ من إتلاف الأزهار بأي طريقة.
5. ارسم تخطيطًا لكل زهرة، وسجّل ملاحظاتك في جدول البيانات.
6. أعد الأزهار إلى معلمك.

التحليل

1. **قارن** بين تراكيب الأزهار التي درستها.
2. **استنتج.** لماذا كانت بتلات الأزهار مختلفة الألوان؟
3. **اقترح** تفسيرًا لاختلاف حجوم هذه الأزهار وأشكالها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقويم 1–7

الخلاصة

- الزهرة الكاملة لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر.
- يختلف شكل الأزهار من نوع إلى آخر.
- تميز بعض تراكيب الأزهار: نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن نباتات ذوات الفلقتين.
- تجذب تكيفات الأزهار الملقّحات بصورة أكبر.
- يمكن أن يؤثر طول الفترة الضوئية في موعد الإزهار.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **قارن** بين وظائف كلٍّ من الأجزاء الأربعة للزهرة.
2. **صف** خصائص زهرة كاملة من نباتات ذوات الفلقة الواحدة وزهرة كاملة من نباتات ذوات الفلقتين
3. **قارن** بين الأزهار الكاملة والناقصة.
4. **توقع** نوع الفترة الضوئية التي يمكن أن تنتج أزهارًا في هذا الوقت من السنة.

التفكير الناقد

5. **صمّم تجربة** لعمل أزهار لنباتات النهار الطويل في أثناء الشتاء.
6. **قوّم** أهمية الملقّحات للأزهار في الأزهار الأحادية الجنس.
7. الكتابة في علم الأحياء

اكتب وصفًا من وجهة نظر إحدى الملقّحات في أثناء زيارةٍ لزهرة.

7-2

الأهداف

- تتبع دورة حياة نبات زهري.
- تصف عملية الإخصاب وتكوين البذرة في نبات زهري.
- تلخص إنبات البذرة.

مراجعة المفردات

الهيكل الخلوي Cytoskeleton: ألياف البروتين الطويلة الرفيعة التي تشكّل هيكل الخلية.

المفردات الجديدة

النواتين القطبيتين
الإندوسبيروم
غلاف البذرة
الإنبات
الجذير
السويقة تحت الفلقية
الكُمون (الراحة)

النباتات الزهرية
Flowering plants

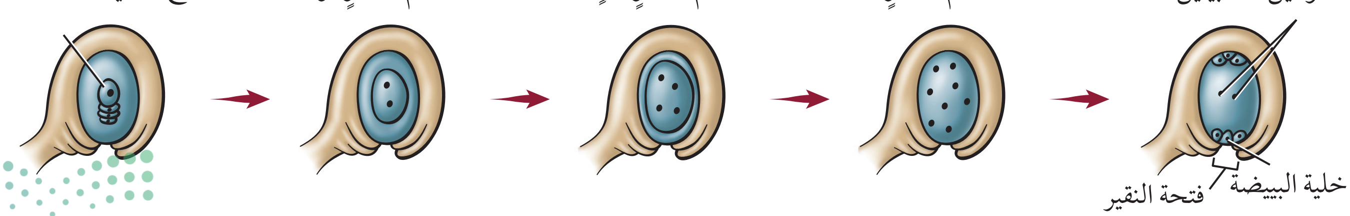
الفكرة الرئيسة يمكن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.

الربط مع الحياة هل تعد ثمار الطماطم من الخضراوات أو من الفواكه؟ علمًا بأن الطماطم ليست حلوة المذاق. قرّر في أثناء قراءتك لهذا القسم ما إذا كانت الطماطم من الخضراوات أو من الفواكه.

دورة الحياة Life Cycle

إن النباتات الزهرية هي الأكثر تباينًا وتوزيعًا بين مجموعات النبات، وهي فريدة لأن لها أزهارًا. للنباتات الزهرية دورات حياة متميزة، وهي ـ كغيرها من النباتات ـ تظهر تعاقبًا للأجيال. الجيل البوغي في النباتات الزهرية هو السائد، ويدعم الجيل المشيجي، وهي بهذا تشبه المخروطيات. ومع ذلك فإن هناك عديد من التباينات في عمليات تكاثر النباتات الزهرية.

نمو الطور المشيجي Gametophyte development يبدأ نمو الطور المشيجي الذكري والأنثوي في النباتات الزهرية في الزهرة غير المكتملة النمو. فالنباتات الزهرية مختلفة الأبواغ، أيْ أن الكرابل تنتج الأبواغ الأنثوية الكبيرة، في حين أن الأسدية تنتج الأبواغ الذكرية الصغيرة. تنقسم خلية متخصصة في البويضة داخل الكربلة انقسامًا منصفًا، فتنتج أربعة أبواغ كبيرة، تتحلّل ثلاثة منها وتضمحل عند فتحة النقير، ثم تنقسم نواة البوغ الكبير المتبقية (البعيدة عن النقير) ثلاثة انقسامات متساوية دون أن ينقسم السيتوبلازم، وتتواصل هذه الانقسامات المتساوية، وينمو البوغ الكبير إلى أن يصبح مكوّنًا من خلية واحدة كبيرة داخلها ثماني نوى، أربع منها عند كل طرف. تنتقل نواتان منها نحو المركز، وتتشكّل أغشية حول النوى الست الأخرى، **الشكل 6–7**. فتكون النتيجة تكوين ثلاث نوى عند كل جانب من جانبي الخلية، نواتان منها في المركز تُسميان **النواتين القطبيتين** polar nuclei، وتتحول واحدة من النوى الثلاث الموجودة قرب فتحة النقير إلى البييضة. إن الخلية التي تحوي البييضة والنوى السبع تمثل الطور المشيجي الأنثوي الناضج.



الشكل 6 – 7 تنتج الأبواغ الكبيرة عن انقسام منصف، في حين تنتج البويضة عن انقسام متساوٍ. لهذا النبات 12 كروموسومًا.

استنتج. عدد الكروموسومات في البويضة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447
رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

قد يحدث نمو الطور المشيجي الأنثوي والطور المشيجي الذكري في الوقت نفسه، وقد لا يحدث. أما في المتك فتنقسم خلايا متخصصة انقسامًا منصفًا، وتنتج أبواغًا صغيرة. وتنقسم النواة في كل بوغ ذكري صغير انقسامًا متساويًا ينتج عنه نواتان إحداهما كبيرة تسمى النواة الأنبوبية (الخضرية)، والأخرى تسمى النواة المولدة (التناسلية). ويتكوّن جدار خلية سميك واقٍ حول البوغ الصغير. وعند هذه المرحلة يُعد البوغ الصغير حبة لقاح أو طورًا مشيجيًّا غير ناضج. يمكن أن يتعرف العلماء فصيلة النباتات أو الجنس الذي تنتمي إليه حبة اللقاح بوساطة الطبقة الخارجية المميزة لجداره الخلوي. إن هذه الصفة مهمة للعلماء والمحققين الجنائيين. فقد استعمل علماء الطب الجنائي لأكثر من خمسين عامًا الدليل المتوافر من حبوب اللقاح لتحديد مكان حدوث بعض الجرائم التي ارتُكبت وزمانها. ويمكن لعلماء الآثار القديمة أن يتتبعوا التاريخ الزراعي لمناطق محددة باستعمال أحافير حبوب اللقاح.

التلقيح والإخصاب Pollination and fertilization تعلمت في مطلع هذا الفصل أن تكيفات الأزهار المختلفة قد تساعد على ضمان الانتقال الناجح لحبوب اللقاح من المتك إلى المياسم في الكرابل. وعندما يحدث التلقيح تكوّن حبة اللقاح أنبوب اللقاح –وهو امتداد من حبة اللقاح– وينمو هذا الأنبوب عادة نحو الأسفل داخل القلم في اتجاه المبيض. وتنتقل نواتا حبة اللقاح في أنبوب اللقاح نحو البويضة.

الربط مع الكيمياء قد يحتوي الجدار المزخرف لحبة اللقاح على مركبات تتفاعل مع المواد الكيميائية لميسم الكربلة. يمكن أن تحفز هذه التفاعلات نمو أنبوب اللقاح أو تثبطه. فمثلاً في بعض أنواع الخشخاش يتلف تفاعل كيميائي تكوين الهيكل الخلوي لحبة اللقاح، مما يثبط نمو أنبوب اللقاح، كما تمنع آليات مختلفة حبوب اللقاح غير المتطابقة مع الميسم من إنتاج أنبوبة لقاح نشيطة. عندما تستقر حبة لقاح متطابقة على الميسم فإنها تمتص مواد من الميسم، ويبدأ أنبوب اللقاح في التشكّل، **الشكل 7–7**، فتوجه النواة الأنبوبية نمو هذا الأنبوب، وإن كانت البحوث الحديثة قد أشارت إلى أن نمو أنبوب اللقاح نحو البويضة هو استجابة جذب كيميائية. وفي بعض النباتات وجد أن الكالسيوم يؤثر في اتجاه نمو أنبوب اللقاح. يعتمد طول أنبوب اللقاح على طول الميسم، وقد يتراوح بين عدة سنتمترات إلى أكثر من 50 cm في بعض نباتات الذرة. وتنقسم النواة المولدة في أثناء نمو أنبوب اللقاح انقسامًا متساويًا، فتشكّل بذلك نواتي مشيجين مذكرين ليس لهما أسواط. وتصبح حبة اللقاح الآن طورًا مشيجيًّا ذكريًّا ناضجًا. وعندما يصل أنبوب اللقاح إلى البويضة فإنه يمر عبر فتحة النقير ويحرّر نواتي المشيجين المذكرين إلى المبيض، فتتحد إحدى النواتين مع البييضة مكوّنة اللاقحة، أيْ الطور البوغي الجديد. أمّا نواة المشيج المذكر الثانية فتتحد مع النواتين القطبيتين في المركز لتتشكّل خلية ثلاثية المجموعة الكروموسومية (3n) أو الإندوسبيرم.

المفردات

مفردات أكاديمية

متطابق مع Compatible

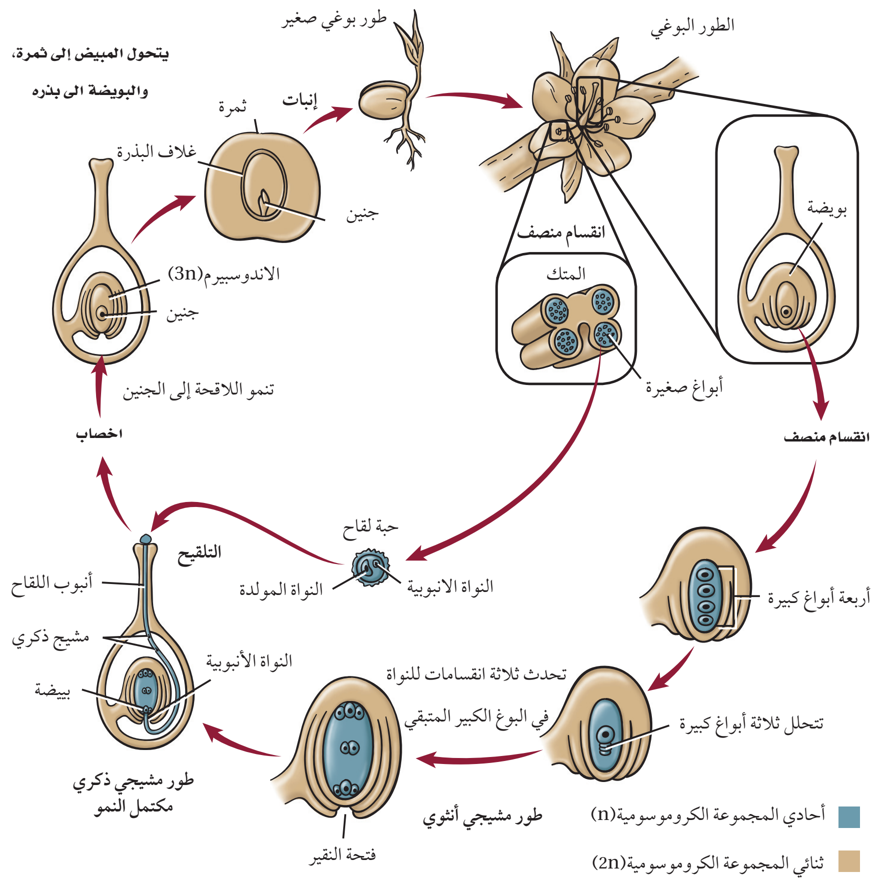
قابل للعمل مع بعضها.

لأن حبوب لقاح الذرة الزراعية متطابقة مع حبوب لقاح الذرة الحلوة، لذا يجب ألا يزرع المحصولان أحدهما قريب من الآخر لكي لا تتلف الذرة الحلوة أو تتلوث.

المطويات

ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 7 – 7** تتضمن دورة حياة نبات زهري، مثل الخوخ، طورًا مشيجيًّا وآخر بوغيًّا. ويُحاط الطور المشيجي الذكري والأنثوي بأنسجة الطور البوغي.

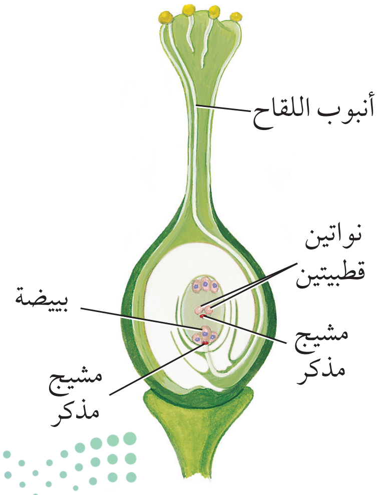
ونظرًا لحدوث عمليتي إخصاب في بويضة النباتات الزهرية فإن الإخصاب يسمى إخصابًا مزدوجًا، **الشكل 8–7**. يحدث الإخصاب المزدوج في النباتات الزهرية فقط. وتنمو بعد الإخصاب كلّ من البويضة لتكوّن البذرة والمبيض ليكوّن الثمرة.

نتائج التكاثر Result of Reproduction

يُعد الإخصاب بداية فقط لعملية طويلة تنتهي بتكوين البذرة. والبذرة في النباتات الزهرية جزء من الثمرة التي تتكوّن من المبيض، وأحيانًا من أجزاء أخرى من الزهرة.

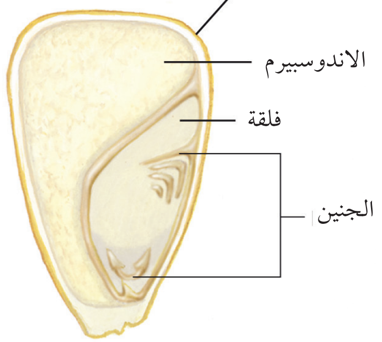
نمو البذرة والثمرة Seed and fruit growth يبدأ الطور البوغي حياته على صورة بويضة مخصبة، أو خلية ثنائية المجموعة الكروموسومية (2n). الانقسامات المتعددة للخلية تُنتج مجموعة من الخلايا تنمو أخيرًا، فتصبح جنينًا طولي الشكل له فلقة واحدة في نباتات ذوات الفلقة الواحدة، أو له فلقتان في نباتات ذوات الفلقتين. أما الخلية الثلاثية المجموعة الكروموسومية التي تشكّلت نتيجة للإخصاب المزدوج فتمر بعدة انقسامات، ويتشكّل نتيجة لذلك نسيج يسمى **الإندوسبيرم** endosperm يوفر التغذية للجنين. وتحدث هذه الانقسامات بسرعة في البداية ودون تكوّن جدار خلوي. أما الجدر الخلوية فتتكون عندما ينضج الإندوسبيرم. يشكّل الإندوسبيرم في بعض ذوات الفلقة الواحدة المكوّن الأساسي للبذرة، ويشكّل معظم كتلتها. فنخيل جوز الهند مثلاً أحادي الفلقة، ويشكّل السائل الموجود داخل الثمرة الطازجة إندوسبيرم سائلاً، أيْ خلايا دون جدر خلوية. وفي ذوات الفلقتين تمتص الفلقتان معظم نسيج الإندوسبيرم في أثناء نضج البذرة.

■ **الشكل 8 – 7** ينتج عن الإخصاب المزدوج تكوين أنسجة ثلاثية المجموعة الكروموسومية.

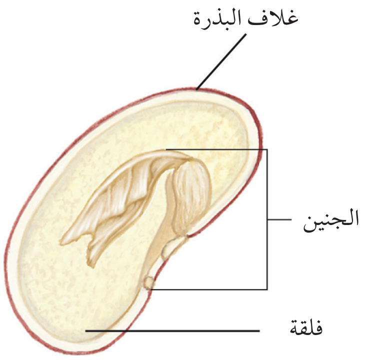


■ **الشكل 9 – 7** تختلف بذور نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن بذور نباتات ذوات الفلقتين.

حدّد مصدر غذاء الجنين في كل بذرة.



ذوات الفلقة الواحدة



ذوات الفلقتين

لذا فإن الفلقتين في هذه المجموعة من النباتات توفر معظم الغذاء للجنين. ويبين **الشكل 9–7** أمثلة لبذور ذوات الفلقة وذوات الفلقتين. تتصلّب الطبقات الخارجية للبويضة وتشكّل نسيجًا واقيًا يسمى **غلاف البذرة** seed coat، في أثناء نضج الإندوسبيرم. وربما تكون قد لاحظت غلاف بذرة الفاصولياء أو البازلاء في أثناء أكلهما. إن غلاف البذرة هو الطبقة الرقيقة التي تنسلخ أو تتشقق عند نقع البذور بالماء. هل أكلت يومًا ثمرة الطماطم أو الخيار، ولاحظت عدد البذور داخلها؟ قد يحتوي المبيض على واحدة من البويضات أو على عدة مئات، اعتمادًا على نوع النبات، فتحدث تغيرات في المبيض تؤدي إلى تكوين الثمرة، في حين تتحول البويضة إلى بذرة. تتكون الثمار عادة من جدار المبيض. وفي بعض الحالات تتشكّل الثمار من جدار المبيض ومن أعضاء زهرية أخرى. فبذور التفاح مثلاً توجد داخل لب يتحول من المبيض. أما النسيج الطري الذي نأكله فينتج عن أجزاء أخرى من الزهرة. بعض الثمار ـ ومنها التفاح والبرتقال والدراق ـ لحمية طرية، في حين أن بعضها الآخر جاف وصلب، ومنه الجوز والحبوب. ادرس **الجدول 1–7** لتتعرف أنواع الثمار.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين تكوين البذور والثمار.

الجدول 1–7	**أنواع الثمار**	
نوع الثمرة	**أمثلة للأزهار والثمار**	**الوصف**
ثمار لحمية بسيطة	**الخوخ**	ثمار لحمية بسيطة، قد تحتوي على بذرة واحدة أو أكثر. ومنها ثمار التفاح والمشمش والعنب والبرتقال والطماطم والقرع والخوخ.
ثمار مجمعة (ملتحمة)	**الفراولة**	تتكوّن الثمار المجمعة من أزهار ذات أعضاء زهرية عديدة يلتحم بعضها ببعض عندما تنضج الثمرة. ومنها الفراولة وأنواع العليق.

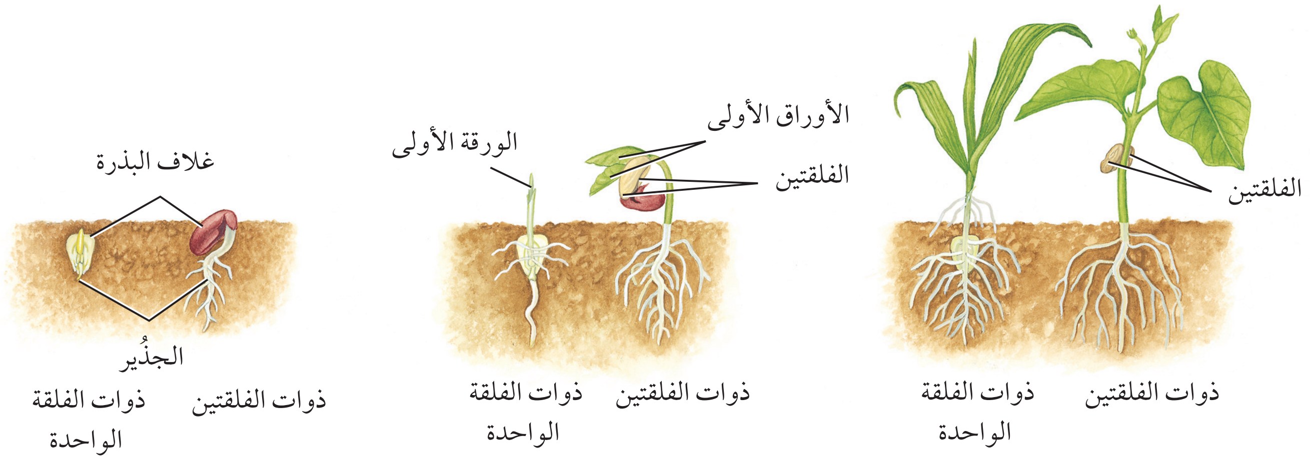
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الثمار المركبة (المضاعفة)	أناناس	تتكوّن الثمار المركبة من أزهار عديدة تلتحم معًا عندما تنضج الثمار. ومنها التين والأناناس والتوت وبرتقال الهنود الحمر.
ثمار جافة	القرون	تكون هذه الثمار جافة عندما تنضج. ومنها القرون والمكسّرات والحبوب.

انتشار البذور Seed dispersal تساعد الثمار على انتشار البذور بالإضافة إلى حمايتها. ويزيد انتشار البذور بعيدًا عن النبات الأم من معدل بقاء النسل. فمثلاً، عندما تنمو نباتات عديدة في بقعة واحدة سيكون هناك تنافس على الضوء والماء والمغذيات في التربة. فالبذور التي تنمو بالقرب من النبات الأم وبالقرب من نباتات النسل الأخرى تتنافس جميعها على هذه المصادر. إن الثمار التي تجذب الحيوانات إليها تستطيع أن تنتقل بذورها مسافات بعيدة جدًّا عن النبات الأم.

الحيوانات التي تجمع الثمار أو تدفنها أو تخزنها لا تأكلها جميعها عادة، لذا فقد ينمو بعضها مرة أخرى. وتلتهم بعض الحيوانات - ومنها الغزلان والدببة والطيور - الثمار. وتمر البذور خلال قناتها الهضمية دون أن تتلفها ثم تخرجها مع البراز. ولبعض البذور تحورات تركيبية تمكّنها من الانتقال بوساطة الماء والحيوانات والرياح.

إنبات البذور Seed germination تسمى عملية بدء نمو الجنين **الإنبات** germination. وهناك عوامل عدة تؤثر في الإنبات، منها الماء والأكسجين ودرجة الحرارة. ولمعظم البذور درجة حرارة مثلى للإنبات. فمثلاً يمكن لبعض البذور أن تنبت عندما تكون التربة باردة، في حين تحتاج بذور أخرى إلى تربة أكثر دفئًا. ويبدأ الإنبات عندما تمتص البذرة الماء، إما بصورته السائلة أو على هيئة بخار ماء. وعندما تمتص الخلايا الماء تنتفخ البذرة، مما يؤدي إلى تشقق غلافها. كما ينقل الماء المواد الضرورية إلى المناطق النامية في البذرة. تساعد إنزيمات هاضمة على تحليل الغذاء المخزون داخل البذرة. ويشكّل هذا الغذاء المتحلّل والأكسجين المواد الخام لعملية التنفس الخلوي التي ينتج عنها تحرّر الطاقة، واستعمالها في نمو الجنين.



■ **الشكل 10 – 7** يختلف إنبات بذور ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين.

يسمى الجزء الأول من الجنين الذي يظهر خارجًا من البذرة **الجذير** radicle، وهو الذي يبدأ امتصاص الماء والمواد المغذية من البيئة. وينمو الجذير لاحقًا إلى جذر النبات، **الشكل 10–7**.

وتسمى المنطقة من الساق الأقرب إلى البذرة **السويقة تحت الفلقية** hypocotyl، وهي في عديدٍ من النباتات أول جزء من البادرة يظهر فوق سطح التربة. وعندما

مختبر تحليل البيانات 7-1

بناءً على بيانات حقيقية

التمييز بين السبب والنتيجة

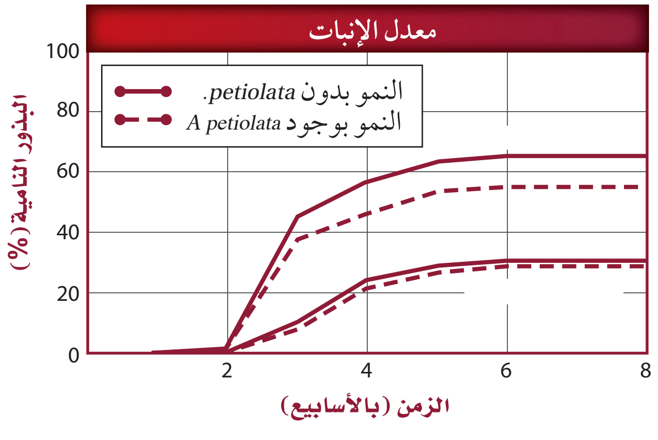
ما التأثير الجيني المسبِّب للمرض؟ تنتج بعض النباتات مواد كيميائية تؤثر في النباتات المجاورة لها في الطبيعة. ويسمى هذا بالتأثير الجيني المسبِّب للمرض. درس بعض العلماء العلاقة بين التأثير الجيني المسبب للمرض وانتشار بعض الأنواع النباتية غير المستوطنة ومنها خردل الثوم *Alliaria petiolata*. لقد استقصوا أثر خردل الثوم في إنبات بذور النباتات المستوطنة، ومنها: *Geum urbanum, Geum laciniatum.*

التفكير الناقد

1. صف أثر خردل الثوم في إنبات البذور.

2. صمّم تجربة. نبات الفا – الفا (البرسيم) المعروف بتأثيره الجيني المثبط لإنبات بعض البذور. استعمل بادرات البرسيم لاستقصاء أثرها في بذور تختارها.

البيانات والملاحظات



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Prati, . and . Bossdrof. 2004. Allelo pathic inhibition of germination by Alliaria petiolata (Brassicacea). *Amer. Journal of Bot.* 91): 285- 288

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تنمو "السويقة تحت الفلقية" في بعض ذوات الفلقتين تسحب الفلقتين والأوراق الجنينية خارج التربة. وعندما تصبح خلايا البادرة المحتوية على البلاستيدات الخضراء فوق التربة وتتعرض للضوء يبدأ البناء الضوئي.

يكون نمو البادرات مختلفًا بعض الشيء في ذوات الفلقة الواحدة؛ لأن الفلقة تبقى في التربة عادة عندما يخرج الساق من التربة.

تستطيع بعض البذور البقاء في ظروف البيئة القاسية، ومنها الجفاف والبرودة. وتنبت بعض البذور حالاً بعد انتشارها، في حين ينمو بعضها الآخر بعد فترات طويلة. بعض بذور القيقب Maple seed يجب أن تنمو خلال أسبوعين من انتشارها وإلا فلن تنمو على الإطلاق. وتدخل معظم البذور الناتجة عند نهاية فصل النمو في مرحلة **الكُمون** dormancy، وهي فترة لا يوجد فيها نموّ إطلاقًا، أو يوجد فيها نمو قليل جدًّا. إن فترة الكُمون تُعد تكيفًا يزيد معدل بقاء البذور المعرضة لظروف قاسية . ويختلف طول فترة الكمون من نوع إلى آخر.

التقويم 2–7

الخلاصة

- تشمل دورة حياة النباتات الزهرية تعاقبًا للأجيال.
- يحدث نمو الطور المشيجي في الزهرة.
- الإخصاب المزدوج خاصية فريدة بين النباتات الزهرية.
- توفر البذور الغذاء والحماية للنبات البوغي الجنيني.
- تحمي الثمار البذور وتساعد على انتشارها.
- تؤثر الظروف البيئية في إنبات البذور.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **ارسم** مخططًا لخطوات دورة حياة نبات زهري.
2. **لخّص** نمو الطور المشيجي الذكري.
3. **وضّح** التركيب الداخلي لبذرة نبات من ذوات الفلقتين.
4. **ناقش** أهمية الإخصاب المزدوج.
5. **اكتب** تبريرًا لاعتبار الطماطم من الخضراوات لا من الفواكه.

التفكير الناقد

6. **قوّم** الآلية التي تمنع حبوب اللقاح غير المتطابقة مع الميسم من إنتاج أنبوب اللقاح.
7. **قارن** بين الإنبات في بذور ذوات الفلقة وبذور ذوات الفلقتين.
8. الرياضيات في علم الأحياء
يمكن أن يتكوّن ثلاثة ملايين من البذور في قرن نبات الأوركيدا. فما نسبة الإنبات إذا زُرع ثلاثة ملايين بذرة ونبت منها 1,860,000 فقط؟

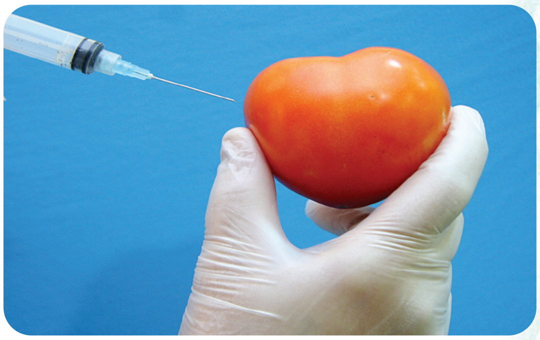
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

علم الأحياء والمجتمع

النباتات المعدّلة وراثيًّا (جينيًّا) Genetically Modified Plants

هل سبق أن تناولت رقائق الذرة وعصير البرتقال أو الخبز المحمّص في إفطارك؟ إذا كنت قد ابتعتها من محل بقالة فإنها غالبًا أغذية معدَّلة وراثيًّا. لقد عدّل الإنسان في صفات النباتات منذ قرون بوساطة التهجين الانتقائي. ولم يتمكّن العلماء من تعديل التكوين الوراثي للنباتات إلا حديثًا.

ما النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ قبل معرفة الهندسة الوراثية، كان هناك التهجين الانتخابي. فإذا أصاب العفن محصول الذرة مثلًا فإن المزارع ينتقي البذور من النباتات التي لم تظهر عليها الإصابة. وإذا استمر المزارع في انتخاب بذور من نباتات لم تصب بالفطر تتكوّن لدينا سلالة مقاومة للفطريات بمرور الزمن.



ثمرة الطماطم هذه لا تبدو مختلفة، ولكنها كانت قد عُدلت لكي لا تصبح طرية قبل النضج فتتلف.

تمكّن العلماء في السنوات الحديثة من نقل الجينات بين أنواع من النباتات لتغييرها. فجينات مقاومة الحشرات أو الأمراض نُقلت من سلالة من نبات إلى سلالة أخرى من النوع نفسه. وبصورة عامة فإن النباتات التي تنتج عن نقل للجينات بين الأنواع تُعد آمنة للأكل.

وقد أُنتج عام 1994م أول غذاء معدّل وراثيًّا، ألا وهو ثمار طماطم لا تنضج قبل الأوان، فلا تصبح عرضة للتلف سريعًا، وأصبحت متوافرة للناس كافة.

ما فوائد النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ بالإضافة إلى الطماطم التي لا تتلف بسرعة أنتجت تعديلات أخرى بذورًا لها قيمة غذائية محسَّنة يمكن استعمالها في المنتجات الصناعية.

كما تم إنتاج نباتات ذات مقاومة للمبيدات العشبية وللفيروسات والأمراض، ومنتجات نباتية ذات فترة تخزين أطول. كما أنتجت نباتات مقاومة للظروف البيئية الصعبة. وهكذا أصبح لدى المزارعين محاصيل أكثر إنتاجًا، واستعملوا الأراضي بصورة أكثر كفاءة. ويجرى في الوقت الحاضر اختبار قدرة النباتات المعدّلة وراثيًّا على إنتاج أدوية ضد بعض الأمراض مثل: الإيدز والتدرن الرئوي والسكري والسعار.

ما عيوب النباتات المعدّلة وراثيًّا؟ يكمن العيب الرئيس للنباتات المعدلة وراثيًّا في أخطارها المحتملة البعيدة المدى. كما أن هناك خطرًا يتمثل في احتمال دخول الجينات المعدلة إلى مجموعات المخلوقات الحية البرية (الأصيلة). وقد بيّن العلماء فعلاً أن النباتات الناقلة للجينات (العابرة) أقدر على التلقيح الخلطي مع النباتات الأخرى عشرين مرة من النباتات التي تحدث بها الطفرات الطبيعية.

يُعدّ الجين الفاصل (جين النهاية) terminator أكثر التعديلات الوراثية إثارة للجدل. فالنباتات التي لديها هذا الجين لا تستطيع بذورها الإنبات. وهذا يعني أن المزارع لا يستطيع أن ينتقي بذورًا من محصوله الحالي من أجل الزراعة مستقبلاً. ويُعدّ جمع البذور في كثير من البلدان الوسيلة الوحيدة للحصول على مصدر للبذور للزراعة في فصول قادمة. وقد توقفت الشركة صاحبة براءة الاختراع عن تطويره، وإن كان لديها الخيار في استئناف نشاطها في المستقبل.

مناظرة في علم الأحياء

ناقش هل يجب أن يستمر تعديل أنواع النباتات وراثيًّا دون مراقبة وتنظيم؟ قدم الأدلة العلمية التي تدعم رأيك لإقناع وجهة النظر المعارضة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر الأحياء

كيف تقارن بين أزهار ذوات الفلقة وذوات الفلقتين؟

الخلفية النظرية: الأزهار هي تراكيب التكاثر في النباتات الزهرية، وهناك تنوّع كبير في أشكال الأزهار. يصنّف العلماء النباتاتِ الزهريةَ في مجموعتين، هما: ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين، بناءً على تركيب بذورها. لكن تراكيب أزهارهما تختلف أيضًا. استقص الفروق بين هاتين المجموعتين من النباتات بتنفيذ هذه التجربة.

سؤال: ما الفروق التركيبية بين أزهار ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين؟

المواد والأدوات

- أزهار نباتات ذوات فلقة واحدة.
- أزهار نباتات ذوات فلقتين.
- أقلام ملوّنة.
- اختر موادّ أخرى تناسب هذه التجربة.

احتياطات السلامة

تحذير: *استعمل أدوات التشريح بحذر شديد.*

خطط ونفذ التجربة

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اختر بعض الصفات لأزهار ذوات الفلقة الواحدة وذوات الفلقتين لملاحظتها والمقارنة بينهما.
3. صمّم جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك حول أزهار المجموعتين، وضمنه رسمًا تخطيطيًّا لكل نوع من الأزهار.
4. تأكد أن معلمك قد أقرّ خطتك قبل البدء في تنفيذها.
5. اجمع الملاحظات كما خططت لها.
6. استعمل الألوان لكتابة أسماء كل من التراكيب التكاثرية الذكرية والأنثوية على أجزاء الزهرة من ذوات الفلقة الواحدة التي رسمتها.
7. أعد الخطوة 6 باستعمال رسم زهرة من ذوات الفلقتين.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** تخلّص من أجزاء الأزهار بصورة صحيحة. ونظّف جميع الأدوات، كما يرشدك معلمك، وأعد كل شيء إلى مكانه الصحيح.

حلّل ثم استنتج

1. **قارن** بين خصائص أزهار نباتات ذوات الفلقة الواحدة وأزهار ذوات الفلقتين.
2. **استنتج.** أيّ الأزهار التي فحصتها كانت من ذوات الفلقة الواحدة؟ وأيّها من ذوات الفلقتين؟
3. **تحليل الخطأ.** قارن بين بياناتك وبيانات زملائك في الصف. واشرح أيّ فروق تجدها.

طبّق مهاراتك

استقصاء ميداني زر محل بيع أزهار أو بيتًا زجاجيًّا أو حديقة نباتات وحدك أو مع أحد أصدقائك. وضع قائمة بالنباتات ذوات الفلقة والنباتات ذوات الفلقتين التي تشاهدها في الموقع، بناءً على تركيب أزهارها. استأذن قبل لمس النباتات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 7

دليل مراجعة الفصل

المطويات وضّح كيف يحدث الإخصاب المزدوج في النباتات الزهرية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
7–1 الأزهار	
السبلة البتلة السداة الكربلة (المتاع) الفترة الضوئية الفترة الحرجة نباتات النهار القصير نباتات النهار الطويل نباتات النهار المتوسط نباتات النهار المحايد	**الفكرة الرئيسة الأزهار هي التراكيب التكاثرية في النباتات الزهرية.** • الزهرة الكاملة لها سبلات وبتلات وأسدية وكربلة واحدة أو أكثر. يختلف شكل الأزهار من نوع إلى آخر. • تميز بعض تراكيب الأزهار نباتات ذوات الفلقة الواحدة عن نباتات ذوات الفلقتين. • تجذب تكيفات الأزهار الملقِّحات بصورة أكبر. • يمكن أن يؤثر طول الفترة الضوئية في موعد الإزهار.
7–2 النباتات الزهرية	
النواتين القطبيتين الإندوسبيرم غلاف البذرة الإنبات الجُذير السويقة تحت الفلقية الكُمون (الراحة)	**الفكرة الرئيسة يمكن أن تنمو البذور والثمار في النباتات الزهرية من الأزهار بعد الإخصاب.** • تشمل دورة حياة النباتات الزهرية تعاقبًا للأجيال. • يحدث نمو الطور المشيجي في الزهرة. • الإخصاب المزدوج خاصية فريدة بين النباتات الزهرية. • توفر البذور الغذاء والحماية للنبات البوغي الجنيني. • تحمي الثمار البذور وتساعد على انتشارها. • تؤثر الظروف البيئية في إنبات البذور.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 7

التقويم

7-1

مراجعة المفردات

ميّز بين المفردات في كل مجموعة مما يأتي:

1. الكربلة، الأسدية.

2. نبات النهار الطويل، نبات النهار القصير.

3. البتلة، السبلة.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

4. أيّ أعضاء الزهرة الآتية ينتج حبوب اللقاح؟

a. السداة.
b. الكربلة.
c. البتلات.
d. السبلات.

5. ما ظروف الضوء والظلام التي تنتج أزهارًا في نباتات النهار القصير؟

a. ساعات الظلام أكثر من ساعات الضوء.
b. ساعات الظلام أقل من ساعات الضوء.
c. ساعات الظلام مساوية لساعات الضوء.
d. ساعات الظلام وساعات الضوء ليست عوامل مهمة.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 6

6. أيّ المفردات الآتية تصف الزهرة السابقة؟

a. ثنائية الجنس، كاملة.
b. ثنائية الجنس، ناقصة.
c. أحادية الجنس، ناقصة.
d. أحادية الجنس، كاملة.

7. أفضل وصف لإنتاج حبوب اللقاح في أزهار تلقحها الرياح هو:

a. كمية قليلة من حبوب اللقاح.
b. حبوب اللقاح أكبر حجمًا.
c. كمية أكبر من حبوب اللقاح.
d. كمية أكبر من الرحيق.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

8. أيّ المصطلحات الآتية يصف أزهار ذوات الفلقة الواحدة؟

a. أربع سبلات، أربع بتلات.
b. خمس سبلات، عشر بتلات.
c. اثنتا عشرة سبلة، اثنتا عشرة بتلة.
d. أربع سبلات، ثماني بتلات.

أسئلة بنائية

9. **إجابة قصيرة.** اشرح لماذا لا يُعدّ مصطلحا النهار القصير والنهار الطويل مناسبين لوصف هذين النوعين من النباتات الزهرية.

10. **نهاية مفتوحة.** اقترح تكيفًا في الزهرة يجعل الماء ضروريًّا للتلقيح. برّر اقتراحك.

11. **إجابة قصيرة.** وضّح كيف أن التكيف في تركيب الزهرة يجعل التلقيح أكثر نجاحًا.

التفكير الناقد

12. **صمّم تجربة** تختبر بها قدرة الفراشات على التمييز بين زهرة حقيقية وزهرة اصطناعية.

13. **قوّم** مزايا الفترة الضوئية.

7-2

مراجعة المفردات

اشرح العلاقة بين المفردات في كل زوجٍ من الآتي:

14. الكُمون، الإنبات.

15. السويقة تحت الفلقية، الجذير.

16. النواتان القطبيتان، الإندوسبيرم.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

17. أيّ من الآتي لا يُعد جزءًا من البذرة؟

a. الفلقة.
b. الجنين.
c. الإندوسبيرم.
d. حبة اللقاح.

18. ما الذي يصف جنين النباتات الزهرية؟

a. ثنائي المجموعة الكروموسومية.
b. أحادي المجموعة الكروموسومية.
c. يتكون من ثلاثة طبقات من الخلايا.
d. ثلاثي المجموعة الكروموسومية.

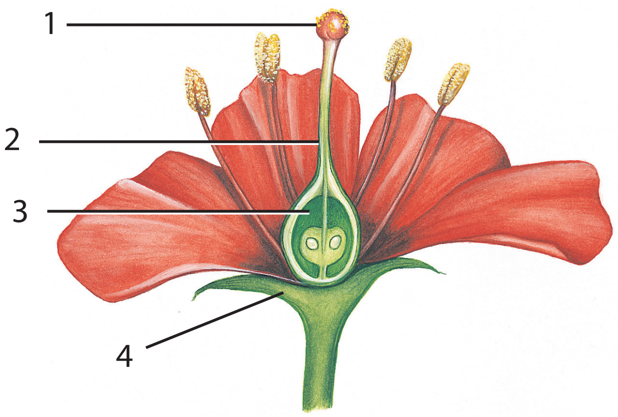
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

7 تقويم الفصل

19. أيّ التراكيب الآتية تنمو منها حبة اللقاح؟

a. البويضة.
b. الجنين.
c. الإندوسبيرم.
d. البوغ الصغير.

استعمل الشكل أدناه للإجابة عن السؤال 20.



20. أيّ التراكيب في الشكل أعلاه تكوّن الثمرة عادة؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

21. ما الفترة غير النشطة للبذرة؟

a. تعاقب الأجيال.
b. الكُمون.
c. الإخصاب.
d. طول الفترة الضوئية.

أسئلة بنائية

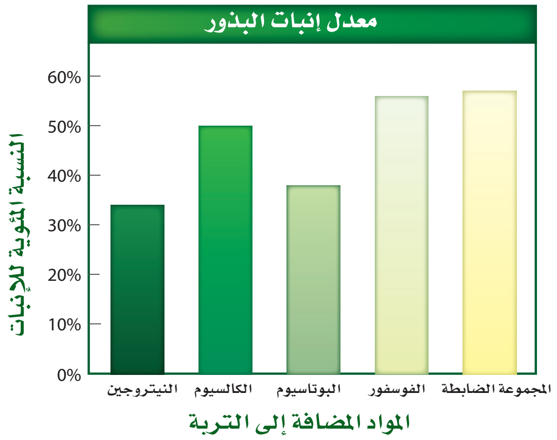
22. إجابة قصيرة. اشرح لماذا يكون انتشار الثمار أو البذور مهمًّا.

23. نهاية مفتوحة. كَّون فرضية حول سبب إنتاج الطور المشيجي الأنثوي في نبات الزهرية للعديد من النوى، علمًا بأنه يحتاج إلى نواتين فقط من أجل الإخصاب.

24. نهاية مفتوحة. عندما تنبت بذرة، كما في **الشكل 10—7**، يكون الجذير أول تركيب يشق غلاف البذرة عادة، لماذا يُعد هذا مفيدًا للجنين؟

التفكير الناقد

استعمل الرسم البياني أدناه للإجابة عن السؤالين 25، 26.



25. قارن بين تأثير كل من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات مقارنة بالمجموعة الضابطة التي لم تتعرض للمواد المضافة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

26. قارن بين تأثير كل من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات مقارنة بتأثيرها في المجموعة الضابطة.

27. صمّم تجربة تختبر فيها أثر الكميات المختلفة من المواد المضافة إلى التربة في معدل الإنبات. واختر إحدى المواد المضافة إلى التربة المدرجة في الشكل أعلاه.

تقويم إضافي

28. الكتابة في علم الأحياء اكتب قصة قصيرة حول حياة حبة لقاح.

أسئلة المستندات

يزهر نبات النهار المتعادل بسرعة أكبر عندما يتم تطعيمه مع نبات النهار القصير سبق تعريضه للفترة الحرجة. كما أن نبات نهار متعادل آخر يزهر بسرعة أكبر عندما يتم تطعيمه مع نبات نهار طويل سبق تعريضه للفترة الحرجة. بناء على ما سبق، اجب على الأسئلة التالية.

29. افحص الرسمين، وضع فرضية حول إزهار نبات النهار المتعادل المُطعَّم قبل نبات النهار المتعادل غير المُطعَّم.

30. توقع ما الذي يحدث لو أن نبات نهارطويل طُعّم مع نبات نهار قصير وعُرّض للفترة الحرجة لنبات النهار القصير.

31. صمّم تجربة تحدّد بها "أطول نهار" يمكن أن تزهر فيه نباتات النهار الطويل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

اسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ التراكيب في الشـــكل أعلاه يُعدّ جــزءًا من أعضاء التكاثر الذكرية في الزهرة؟

a. 1
b. 2
c. 3
d. 4

2. تعد ثمار الأناناس من:

a. الثمار الجافة.
b. الثمار الملتحمة (المجمعة).
c. الثمار اللحمية البسيطة.
d. الثمار المركبة المضاعفة.

3. ما الملقّح الأساسي للمخروطيات؟

a. الطيور.
b. الحشرات.
c. الماء.
d. الرياح.

4. أيّ الألوان الآتيــة أكثر جذبًا للملقحات، مثل الخفافيش وحشرة العثّ؟

a. الأزرق.
b. الأحمر.
c. البني.
d. الأبيض.

أسئلة الإجابات القصيرة

5. طُلب إليك أن تســتخلص بعض الصبغات من نباتات بغلي أوراقها وأزهارها وبتلاتها في محلول. ما الأدوات اللازمة لهذه التجربة التي تحقق شــروط الســلامة في استعمالها؟ وما الأسباب التي دعتك لاختيارها؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1
الفصل/القسم	7–1	7–2	7–1	7–1	7–1
السؤال	1	2	3	4	5

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 8

تركيب الخلية ووظائفها
Cell Structure & Functions

الفكرة العامة الخلايا هي وحدات التركيب والوظيفة في كل المخلوقات الحية.

1–8 التراكيب الخلوية والعضيات

الفكرة الرئيسة يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.

2–8 كيمياء الخلية

الفكرة الرئيسة تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.

حقائق في علم الأحياء

- يتكون جسم الإنسان من عشرة تريليونات خلية.
- أكبر قُطر لخلية في جسم الإنسان تساوي قُطر شعرة تقريبًا.
- هناك 200 نوع من الخلايا في جسم الإنسان مصدرها خلية واحدة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

ما الخلية؟

تتكون الأشـياء كلها من ذرات وجزيئـات، وتنتظم الذرات والجزيئات في المخلوقات الحية فقط لتكون خلايا. تسـتخدم في هذه التجربـة المجهر المركب لمشاهدة شرائح لمخلوقات حية وأخرى غير حية.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك.
3. احصل على شرائح لعينات متنوعة.
4. اسـتخدم المجهر المركب في مشاهدة الشرائح، مستخدمًا قوة التكبير التي يحددها معلمك.
5. املأ جـدول البيانـات الـذي أعددته فـي أثناء مشاهدتك الشرائح.

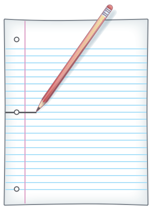
التّحليل

1. **صف** بعض الطرائـق التي تسـتخدم للتمييز بين المخلوقات الحية والأشياء غير الحية.
2. **اكتب** تعريفًا للخلية اعتمادًا على ملاحظاتك.

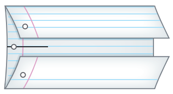
المطويـات
منظمات الأفكار

الإنزيمات اعمل المطوية الآتية لتسـاعدك على فهم تركيب الإنزيمات ووظائفها.

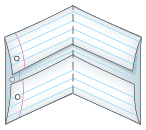
الخطوة 1: ارسـم خطًّا على طول منتصف ورقة، كما في الشكل الآتي:



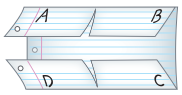
الخطوة 2: اطو الورقة نصفين، كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: اطو الورقـة عموديًّا مرة أخـرى إلى نصفين كما في الشكل الآتي:



الخطوة 4: افتـح الورقة المطوية، واقطـع بالمقص عند خطوط الطي لتكوّن أربعة ألسنة، ثم اكتب أحد الرموز: A, B, C, D على كل لسان، كما في الشكل الآتي:



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 2–8.** سـجل وأنت تقرأ الـدرس ما تعلمته عن الإنزيمات. وعلى الوجه الخلفي للمطوية ارسم الخطوات الأربع العامة في نشاط الإنزيم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي

www.ien.edu.sa

8-1

الأهداف

- **تصف** آلية عمل الغشاء البلازمي.
- **تحدد** تركيب أجزاء خلية حقيقية النواة ووظيفتها.
- **تقارن** بين تراكيب الخلايا النباتية والحيوانية.

مراجعة المفردات

التنظيم: التركيب المنتظم للخلايا في المخلوق الحي.

المفردات الجديدة

الغشاء البلازمي
العضيات
النفاذية الاختيارية
طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة
البروتين الناقل
النموذج الفسيفسائي السائل
الهيكل الخلوي
البلاستيدات الخضراء
الجدار الخلوي
الهدب
السوط

التراكيب الخلوية والعضيات
Cellular structures and organelles

الفكرة الرئيسة **يساعد الغشاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.**

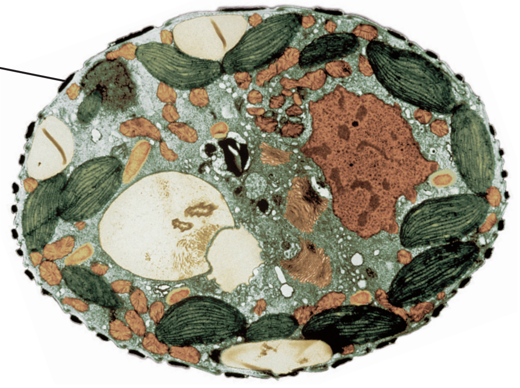
الربط مع الحياة عندما تدخل إلى مدرستك تمر عبر بوابة متصلة بسور يحيط بالمدرسة. يمنع هذا السور غير المعنيين من دخول المدرسة، في حين يُسمح بدخول الطلاب والعاملين والآباء. ولكل من الخلية البدائية النواة والحقيقية النواة تركيب يحافظ على البيئة الداخلية لها. وفي مدرستك يقوم المعلمون بتدريس المواد، كل بحسب تخصصه، مما يؤدي في النهاية إلى كيان تربوي متكامل يؤدِّي وظيفة واحدة هي التعليم. وكذلك تؤدِّي تراكيب الخلايا الحقيقية النواة مهامّ معينة كأعضاء المدرسة تمامًا.

الأنواع الأساسية للخلايا Basic Types of Cells

تعد الخلايا الوحدات الأساسية للمخلوقات الحية جميعها. وتوجد بأشكال وحجوم مختلفة. كما تختلف بناءً على الوظيفة التي تؤديها في المخلوقات الحية. تشترك جميع الخلايا في صفة شكلية هي الغشاء البلازمي. و**الغشاء البلازمي** plasma membrane في **الشكل 1–8**، هو حاجز خاص يساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية وما يخرج منها. وللخلايا عادةً عدد من الوظائف المشتركة. فمثلاً تحوي جميع الخلايا مادة وراثية تعطي معلومات وتعليمات للخلية لإنتاج مواد تحتاج إليها.

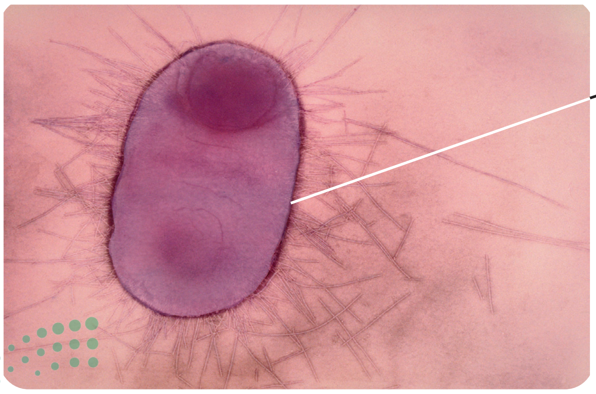
الشكل 1–8 حجم الخلية البدائية النواة عن اليسار أصغر وأقل تعقيدًا من الخلية الحقيقية النواة عن اليمين. تم تكبير الخلية البدائية النواة لغرض المقارنة.

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير غير معروف



خلية حقيقية النواة

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني الماسح النافذ: التكبير × 15,000



خلية بدائية النواة

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

كما تحلل الخلايا الجزيئات لإنتاج الطاقة اللازمة لعمليات الأيض. وقد قسم العلماء الخلايا إلى مجموعتين، هما: الخلايا البدائية النواة Prokaryotic cells، والخلايا الحقيقية النواة Eukaryotic cells. يبين الشكل **1–8** صورة بالمجهر الإلكتروني النافذ لهذه الخلايا. وعادة ما تكون الخلايا الحقيقية النواة أكبر من الخلايا البدائية النواة، بل قد يزيد حجمها عليها مئة مرة.

ماذا قرأت؟ **قارن** بين أحجام الخلايا البدائية النواة والحقيقية النواة.

قارن بين أنواع الخلايا في **الشكل 1–8**، ستلاحظ أن هناك اختلافات بينهما في تراكيبهما الداخلية؛ ولذلك وضعها العلماء في مجموعتين مختلفتين. فكلتاهما تحوي غشاء بلازميًّا، إلا أن إحداهما تحوي تراكيب داخلية مميزة تسمى **العضيات** organelles، وهي تراكيب خاصة تقوم بوظائف محددة.

تحوي الخلايا الحقيقية النواة نواة وعضيات أخرى محاطة بأغشية؛ أما النواة فهي عضية مركزية مميزة تحوي المادة الوراثية على شكل DNA. تسمح العضيات للخلية بالقيام بوظائفها في أجزاء مختلفة من الخلية في الوقت نفسه. وتتكون معظم المخلوقات الحية من الخلايا الحقيقية النواة. كما أن بعض المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها بعض الطلائعيات كالطحالب والفطريات كالخميرة– من المخلوقات حقيقية النواة. أما الخلايا البدائية النواة فهي خلايا ليس لها نواة أو عضيات محاطة بغشاء. ومعظم المخلوقات الحية الوحيدة الخلية – ومنها البكتيريا – خلايا بدائية النواة؛ لذا سميت الخلايا البدائية النواة.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن الخلية، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

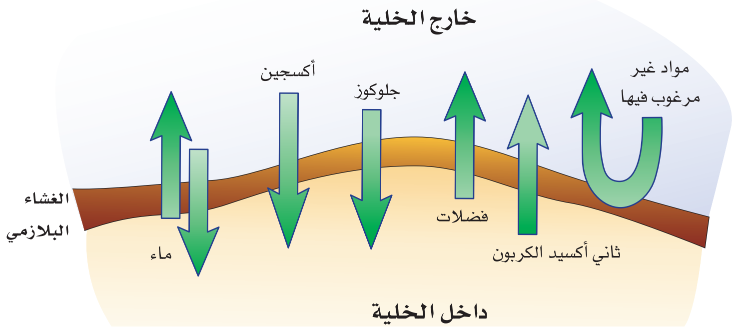
وظيفة الغشاء البلازمي Function of the Plasma Membrane

درست سابقًا أن عملية المحافظة على اتزان البيئة الداخلية للمخلوقات الحية تسمى الاتزان الداخلي، وهي ضرورية لبقاء الخلية. ويعد الغشاء البلازمي أحد التراكيب المسؤولة أساسًا عن الاتزان الداخلي؛ فهو حاجز فاصل رقيق مرن بين الخلية وبيئتها يسمح بمرور المواد المغذية إلى الخلية وخروج الفضلات والمواد الأخرى. تحوي جميع الخلايا البدائية والحقيقية النواة غشاءً بلازميًّا يفصلها عن البيئة السائلة التي توجد فيها.

تعد خاصية **النفاذية الاختيارية** selective permeability إحدى الصفات المهمة للغشاء البلازمي؛ إذ يسمح الغشاء البلازمي بمرور بعض المواد إلى الخلية، ويمنع مرور أخرى.

اعتبر أن شبكة الصيد تمثل النفاذية الاختيارية، فالشبكة المبينة في **الشكل 2–8**،

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 2–8**

يمين: تحجز شبكة الصيد السمك، وتسمح بمرور الماء وما فيه من سائر المواد.

يسار: يحدد الغشاء البلازمي – بصورة مشابهة لشبكة صيد السمك – المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها.

تسمح للماء والمواد الأخرى بالمرور، ولكنها لا تسمح بمرور السمك من خلالها. وبناءً على حجم الثقوب في الشبكة، فقد تمر بعض أنواع الأسماك من الثقوب، في حين لا تمر أنواع أخرى. ويوضح المخطط في الشكل **2–8** النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي، كما تبين الأسهم المواد التي تمر من الخلية وإليها عبر الغشاء البلازمي. ويحدد تركيب الغشاء البلازمي السيطرة على كمية المواد التي تدخل إلى الخلية أو تخرج منها، ومتى تدخل أو تخرج، وطريقة انتقالها.

ماذا قرأت؟ وضح المقصود بالنفاذية الاختيارية.

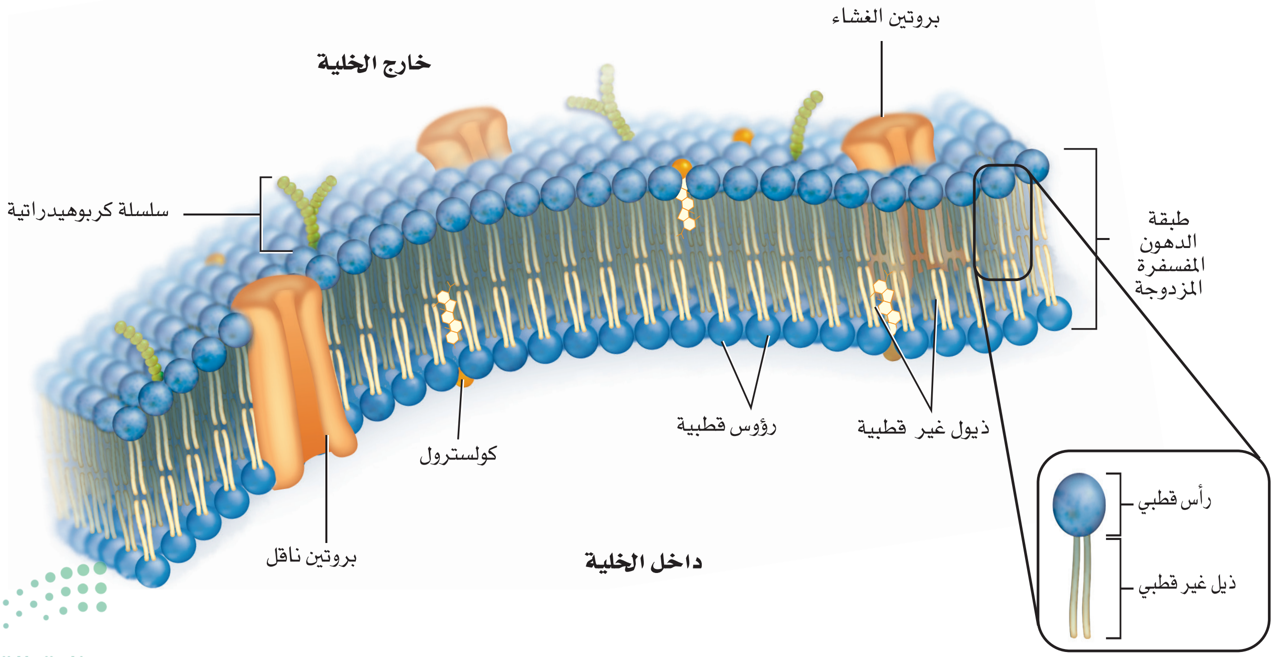
تركيب الغشاء البلازمي Structure of Plasma Membrane

الربط مع الكيمياء معظم الجزيئات في الغشاء البلازمي دهون. والدهون جزيئات كبيرة مكونة من الجليسرول وثلاثة أحماض دهنية. فإذا حل مكان أحد الأحماض الدهنية مجموعة فوسفات تتكون الدهون (اللبيدات) المفسفرة.

والدهون المفسفرة جزيئات تتكون من سلسلة أساسية من الجليسرول وسلسلتين

■ **الشكل 3–8** تبدو الطبقة المزدوجة من الدهون المفسفرة كالشطيرة، مع بقاء الرأس القطبي (المحب للماء) في اتجاه الخارج والذيل غير القطبي (الكاره للماء) نحو الداخل.

استنتج كيف تعبر المواد الكارهة للماء الغشاء البلازمي؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

من الأحماض الدهنية ومجموعة فوسفات. ويتكون الغشاء البلازمي من طبقتين من **الدهون المفسفرة المزدوجة** phospholipid bilayer، تترتب ذيلاً مقابل ذيل، كما في **الشكل 3-8**؛ وبطريقة تسمح بأن يبقى الغشاء البلازمي قائمًا في بيئة سائلة.

طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة The phospholipid bilayer

تلاحظ في الشكل **3-8** أن كل طبقة دهون مفسفرة رُسمت على شكل رأس له ذيلان؛ حيث تكوّن مجموعة الفوسفات رأسًا قطبيًّا في كل طبقة من الدهون المفسفرة. وينجذب الرأس القطبي إلى الماء؛ لأن الماء قطبي أيضًا. أمّا ذيلا الأحماض الدهنية فهما غير قطبيين ويتنافران مع الماء.

تشكل جزيئات طبقتي الدهون المفسفرة ما يشبه الشطيرة، حيث تكوّن فيها ذيولُ الأحماض الدهنية الجزءَ الداخليَّ (الأوسط) من الغشاء البلازمي، في حين تكون رؤوس الدهون المفسفرة مواجهة للبيئة السائلة داخل الخلية وخارجها، **الشكل 3-8**. ويعد التركيب المزدوج مهمًّا في تكوين الغشاء البلازمي وأدائه لوظيفته. تترتب الدهون المفسفرة بطريقة تجعل الرؤوس القطبية هي الأقرب إلى جزيئات الماء، والذيول غير القطبية هي الأبعد عنها. وعندما تتجمع جزيئات الدهون المفسفرة معًا بهذا النمط فإنها تشكل حاجزًا سطحه قطبي وأوسطه غير قطبي. ولذلك لا تمر المواد الذائبة في الماء بسهولة عبر الغشاء البلازمي؛ لأن وسط الغشاء غير القطبي يعيقها. وهكذا يستطيع الغشاء البلازمي فصل بيئة الخلية الداخلية عن بيئتها الخارجية.

مكوّنات الغشاء البلازمي الأخرى
Other components of plasma membrane

يوجد على السطح الخارجي للغشاء البلازمي بروتينات، تسمى المستقبلات، ترسل إشارات إلى داخل الخلية. كما تقوم بروتينات الغشاء البلازمي الموجودة على السطح الداخلي له بربطه مع تراكيب الدعم الخلوية الداخلية، مما يعطي الخلية شكلاً مميزًا. كما تخترق بروتينات أخرى الغشاء كله فتكوّن قنوات تدخل من خلالها بعض المواد إلى الخلية أو تخرج منها. وتنقل **البروتينات الناقلة** transport proteins المواد التي تحتاج إليها الخلية أو الفضلات عبر الغشاء البلازمي. ومن المواد التي تنتقل عبر طبقة الدهون المفسفرة في الغشاء البلازمي الكولسترول، والبروتينات والكربوهيدرات. فتلاحظ أن البروتينات تسهم في خاصية النفاذية الاختيارية للغشاء البلازمي.

ماذا قرأت؟ صف فوائد التركيب الطبقي المزدوج للغشاء البلازمي.

حدّد موقع جزيئات الكولسترول في **الشكل 3-8**. يتنافر الماء والكولسترول غير القطبي ولهذا نجد الكولسترول بين الدهون المفسفرة.

المفردات

الاستخدام العلمي مقابل الاستخدام الشائع

القطبي polar

الاستخدام العلمي: التوزيع غير المتساوي للشحنات.

يجذب الطرف الموجب للجزيء القطبي الطرف السالب لجزيء قطبي آخر.

الاستخدام العام: مرتبط جغرافيًّا بالمنطقة القطبية.

يبلغ سمك الغطاء الجليدي القطبي في بعض المناطق 1.6 km تقريبًا.

إرشادات الدراسة

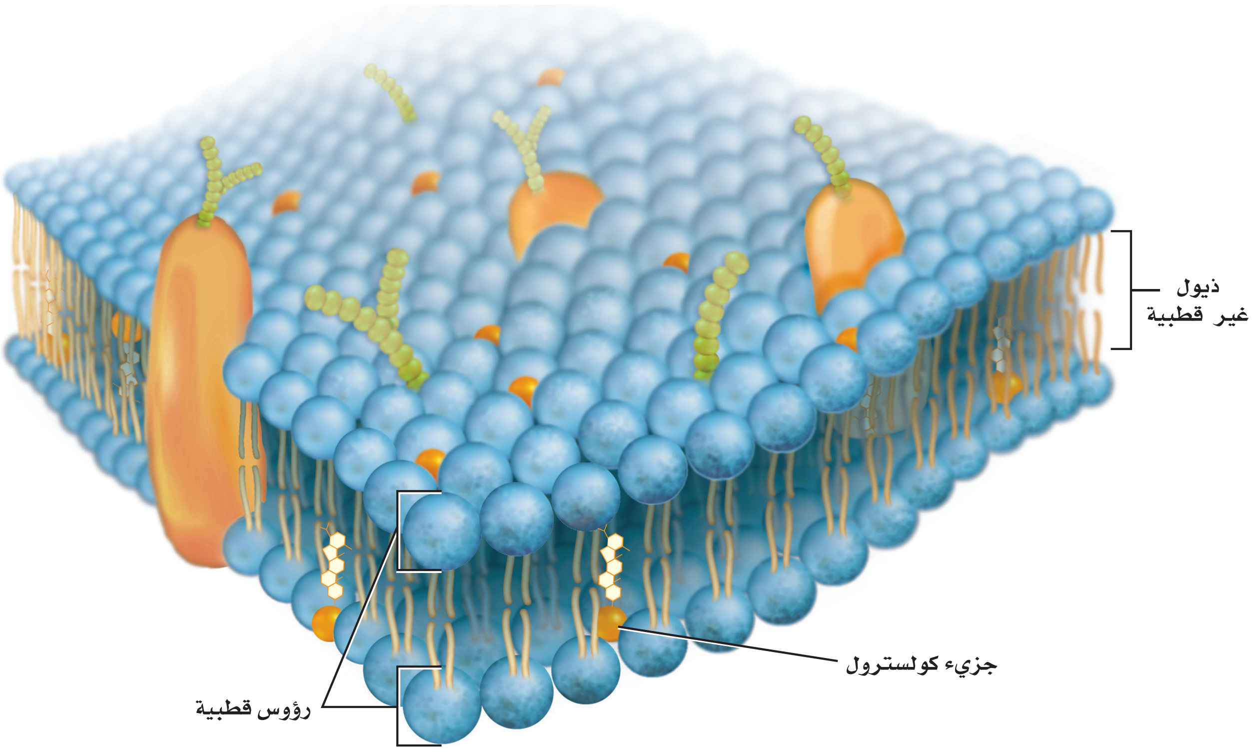
مناقشة اطلب من الطلاب العمل في مجموعات ثنائية، وأن يسأل بعضهم بعضًا أسئلة تتعلق بالغشاء البلازمي، ويتناقشوا معًا في إجاباتهم، على أن يأخذ كل منهم دوره في المناقشة وطرح الأسئلة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

يســاعد الكولسترول على منع التصاق ذيول الأحماض الدهنية في طبقة الدهون المفســفرة المزدوجة بعضها مع بعض، مما يسهم في ســيولة الغشاء البلازمي. وعلى الرغــم من التوصية بعدم تناول المواد الغنية بالكولســترول بكثرة، إلا أن الكولسترول يؤدي دورًا مهمًّا في تركيب الغشاء البلازمي، ويعد مكونًا مهمًّا أيضًا في الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية.

وهناك مواد أخرى في الغشــاء البلازمــي، ومنها الكربوهيــدرات المرتبطة مع البروتينات لتحدد خصائص الخلية وتساعدها على معرفة الإشارات الكيميائية. فمثلاً، تســاعد الكربوهيدرات الموجودة على الغشاء البلازمي الخلايا المقاومة للمرض على تمييز الخلية الضارة وتهاجمها. تكوّن الدهون المفسفرة المزدوجة "بحرًا" تعوم فيه الجزيئات. ومفهوم البحر هذا هو أســاس **النموذج الفسيفسائي الســائل** fluid mosaic model في الغشاء البلازمي. وتتحرك الدهون المفسفرة جانبيًّا داخل الغشاء البلازمي. وفي الوقت نفسه، تتحرك مكونات أخرى - ومنها البروتينات خلال الدهون المفســفرة. وبســبب وجود مواد مختلفة في الغشــاء البلازمي يتكوّن نمط فسيفســائي على ســطح الخلية، **الشــكل 4–8**. كما أن مكوّنات الغشاء البلازمي في حركة دائمة وثابتة، وينزلق بعضها فوق بعض.

■ **الشكل 4–8** يشير النموذج الفسيفسائي الســائل إلى غشــاء بلازمي قــادر على نقل المكوّنات من خلاله.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مختبر تحليل البيانات 8-1

بناءً على بيانات حقيقية

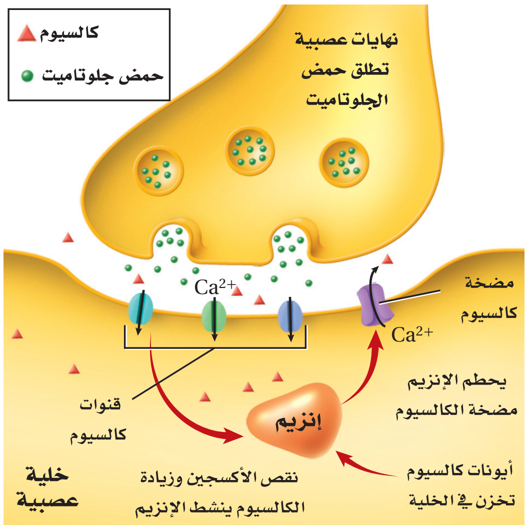
تفسير الشكل

كيف تسهم قنوات البروتين في موت الخلايا العصبية بعد السكتة الدماغية؟ تحدث السكتة الدماغية عندما تسد خثرة دم تدفق الدم المؤكسج إلى جزء من الدماغ. ولأن الخلايا العصبية التي تطلق حمض الجلوتاميت حساسة لنقص الأكسجين؛ فتطلق كمية كبيرة من حمض الجلوتاميت عندما يقل مستوى الأكسجين. ويؤدي التدفق الكبير لحمض الجلوتاميت إلى تدمير مضخة الكالسيوم. ويؤثر هذا في حركة الكالسيوم داخل الخلية العصبية وخارجها. وعندما تحتوي الخلايا على فائض من الكالسيوم يحدث خلل في الاتزان الداخلي.

التفكير الناقد

1. **فسِّر** كيف يدمر تدفق حمض الجلوتاميت مضخة الكالسيوم؟
2. **توقّع** ماذا يحدث إذا انخفضت مستويات الكالسيوم في خلية عصبية خلال السكتة الدماغية؟

البيانات والملاحظات

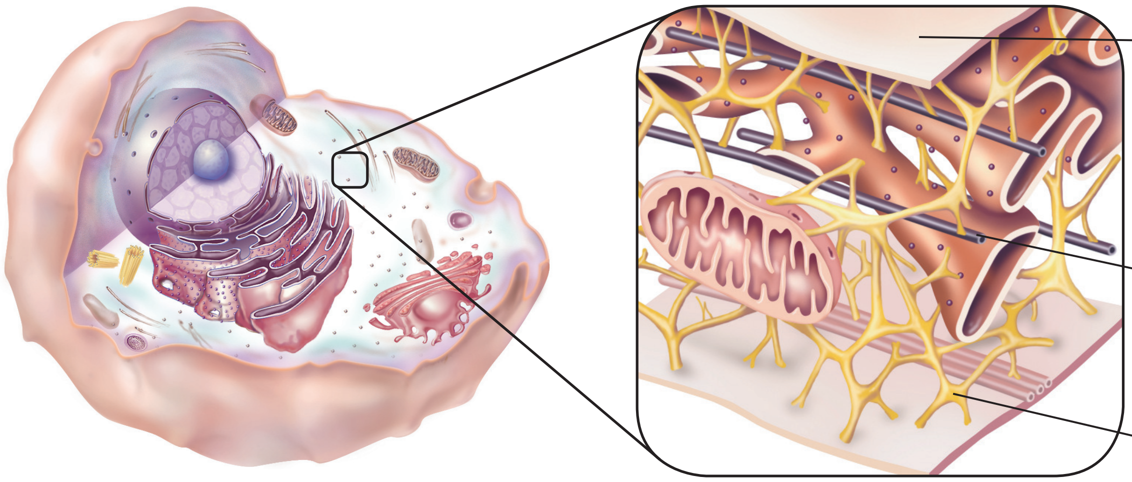


أخذت البيانات في هذا المختبر من: Choi, D.W. 2005 Neurodegeneration: celluar defence destroyed. *Nature* 433: 696–698

السيتوبلازم والهيكل الخلوي Cytoplasm and Cytoskeleton

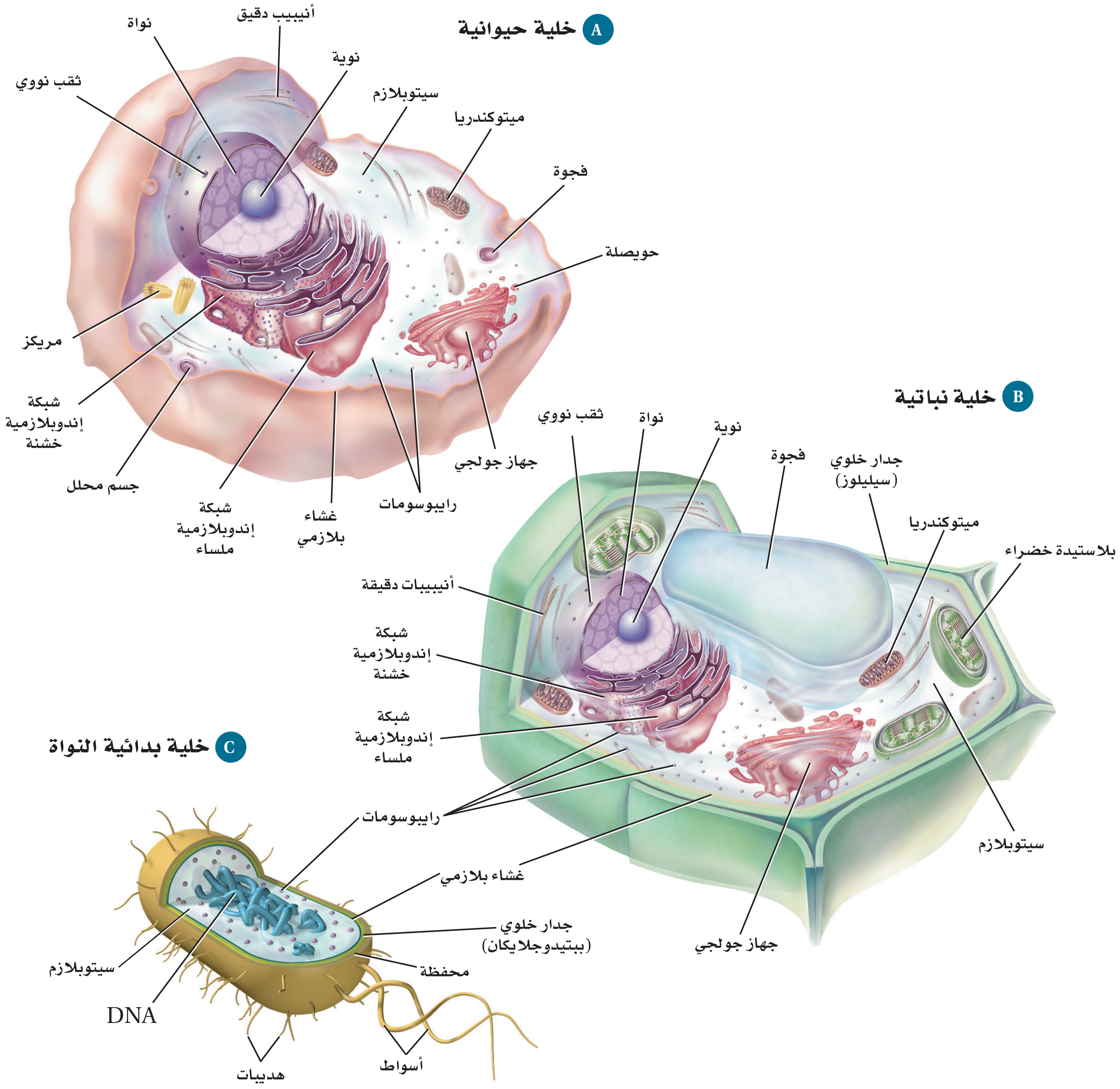
تعرَّفت جزء الخلية الذي يعمل حاجزًا بين بيئة الخلية الداخلية والخارجية. فالبيئة داخل الخلية شبه سائلة وتسمى السيتوبلازم. اكتشف علماء الأحياء أن العضيات لا تسبح في الخلية، ولكن تدعمها تراكيب داخل السيتوبلازم، كما في **الشكل 5–8**. و**الهيكل الخلوي** cytoskeleton شبكة مكوَّنة من خيوط بروتينية طويلة تدعم الخلية وتعطيها شكلها، وتثبّت العضيات داخل الخلايا. كما يساعد الهيكل الخلوي على حركة الخلية وأنشطتها الأخرى.

الشكل 5–8 يتكون الهيكل الخلوي من الأنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ الشـكل 8–6 قارن بين مكونات خلية حيوانية وخلية نباتية وخلية بدائية النواة في الرســوم أدناه. توجد بعــض العضيات في الخلايا النباتية فقط، وتوجد عضيات أخرى في الخلايا الحيوانية فقط. كما لا توجد عضيات محاطة بغشاء في الخلايا البدائية النواة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

يتكون الهيكل الخلوي من تراكيب ثانوية تسمى الأُنيبيبات الدقيقة والخيوط الدقيقة. والأنيبيبات الدقيقة تراكيب أسطوانية طويلة مجوفة من البروتين تكوّن هيكلاً صلبًا للخلية، وتساعد على حركة المواد داخل الخلية. أما الخيوط الدقيقة فهي خيوط بروتينية رفيعة تساعد على إعطاء الخلية شكلها، وتمكّن الخلية كاملة أو جزءًا منها من الحركة. وتتجمع الأنيبيبات والخيوط الدقيقة أو تتفرق لينزلق بعضها فوق بعض، مما يسهم في حركة الخلية.

تراكيب الخلية Cell Structures

هناك مناطق منفصلة في المصانع مخصصة لأداء مهامّ مختلفة. وكذلك الخلية الحقيقية النواة لها مناطق مختلفة للقيام بالمهام. ويؤدّي وجود العضيات المحاطة بالغشاء إلى القيام بعمليات كيميائية مختلفة في الوقت نفسه وفي أجزاء مختلفة من السيتوبلازم. كما تقوم العضيات بالعمليات الخلوية الضرورية، ومنها بناء البروتين، وتحويل الطاقة، وهضم الغذاء، وإخراج الفضلات، وانقسام الخلية. ولكل عضية تركيب ووظيفة مميزان. ويمكنك مقارنة العضيات بمكاتب المصنع، وخطوط التجميع، ومناطق أخرى مهمة تحافظ على استمرار الإنتاج. ارجع إلى مخططات الخلايا النباتية والحيوانية في **الشكل 6–8**، عند دراسة كل من هذه العضيات.

النواة Nucleus تحتاج الخلية إلى عضية لتنظيم عملياتها؛ فالنواة، في **الشكل 7–8**، هي التركيب الذي ينظم عمليات الخلية. وتحوي النواة معظم DNA الخلية الذي يخزن المعلومات التي تستخدم في بناء البروتينات اللازمة لنموها، ووظيفتها وتكاثرها. تحاط النواة بغشاء مزدوج يسمى الغلاف النووي، وهو مشابه للغشاء البلازمي إلا أن للغلاف النووي ثقوبًا تسمح للمواد الأكبر حجمًا بدخول النواة والخروج منها. كما تنتشر المادة الكروماتينية داخل النواة، وهي عبارة عن DNA معقد يرتبط ببروتين.

ماذا قرأت؟ صف دور النواة.

المفردات

أصل الكلمة

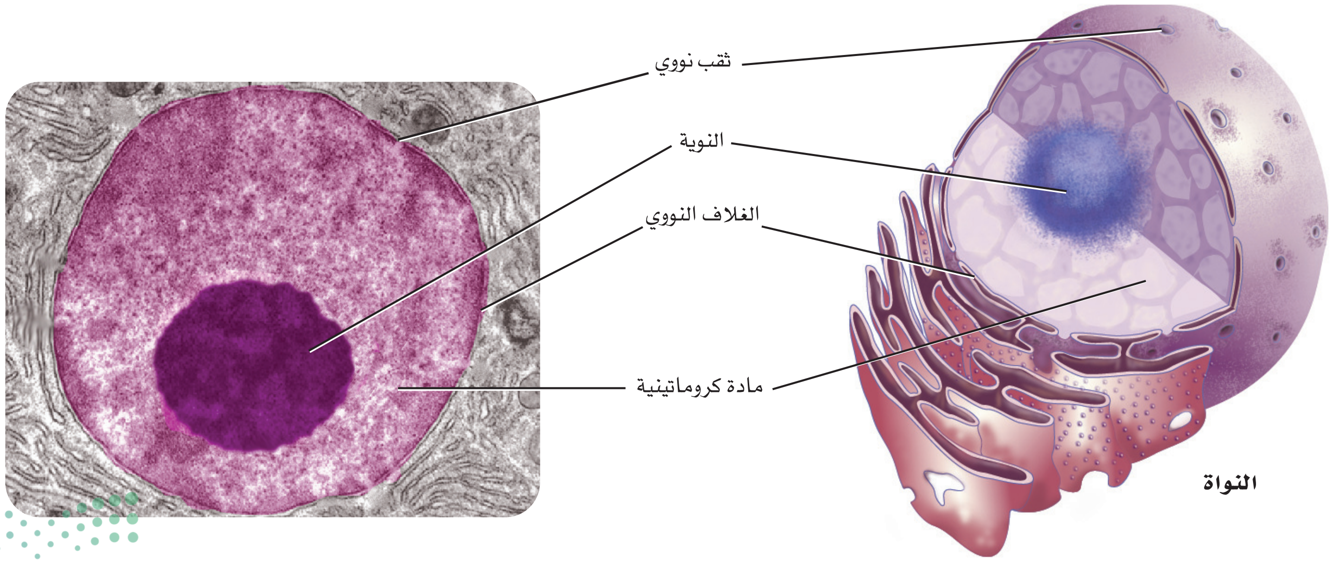
سيتوبلازم Cytoplasm

هيكل خلوي Cytoskeleton،

يرجع أصل مقطع: - **Cyte** إلى اللغة اليونانية، ويعني الخلية.

الشكل 7–8 يمين شكل نواة الخلية ثلاثي الأبعاد .وتبين الصورة يسارًا مقطعًا عرضيًّا في النواة.

استنتج فسّر لماذا لا تتشابه جميع المقاطع العرضية للنواة؟



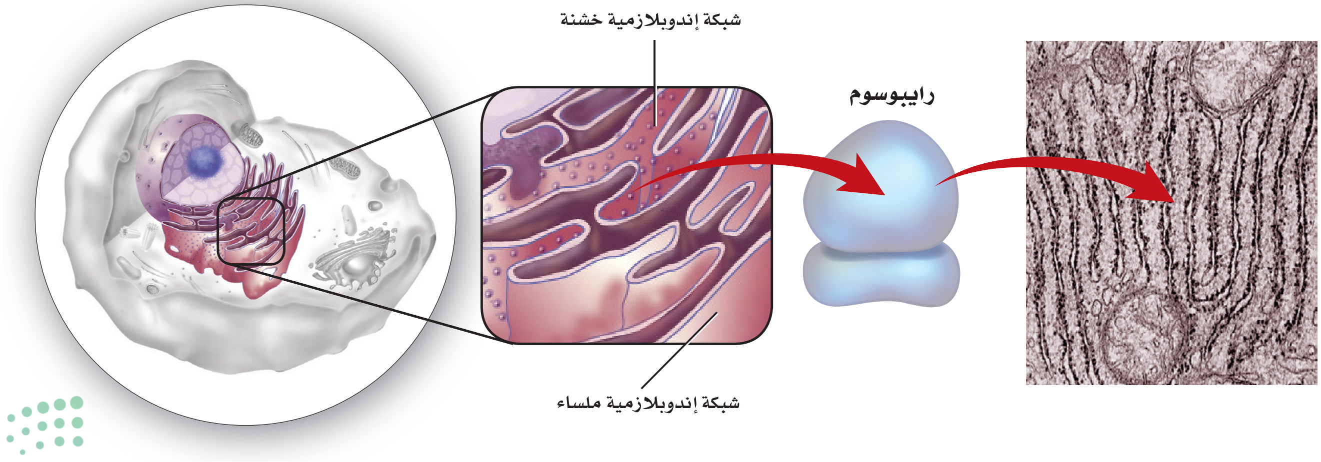
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الرايبوسومات Ribosomes من وظائف الخلية إنتاج البروتين. وتسمى العضيات التي تساعد الخلية على صنع البروتين الرايبوسومات. تتكون الرايبوسومات من مكونين رئيسين، هما RNA والبروتين، ولا تحاط الرايبوسومات بغشاء كباقي العضيات في الخلية. ويتم إنتاج الرايبوسومات في النوية داخل النواة، الشكل **7–8**.

تحوي الخلايا الكثير من الرايبوسومات التي تنتج بروتينات مختلفة تستخدمها الخلية أو تنتقل إلى خارج الخلية لتستخدمها خلايا أخرى. كما تسبح بعض الرايبوسومات بحرية في السيتوبلازم، في حين يرتبط بعضها الآخر مع عضيات أخرى تسمى الشبكة الإندوبلازمية. وتنتج الرايبوسومات الحرة بروتينات تستخدم داخل سيتوبلازم الخلية. أما الرايبوسومات المرتبطة فتنتج بروتينات يتم إحاطتها بغشاء أو تستخدمها خلايا أخرى.

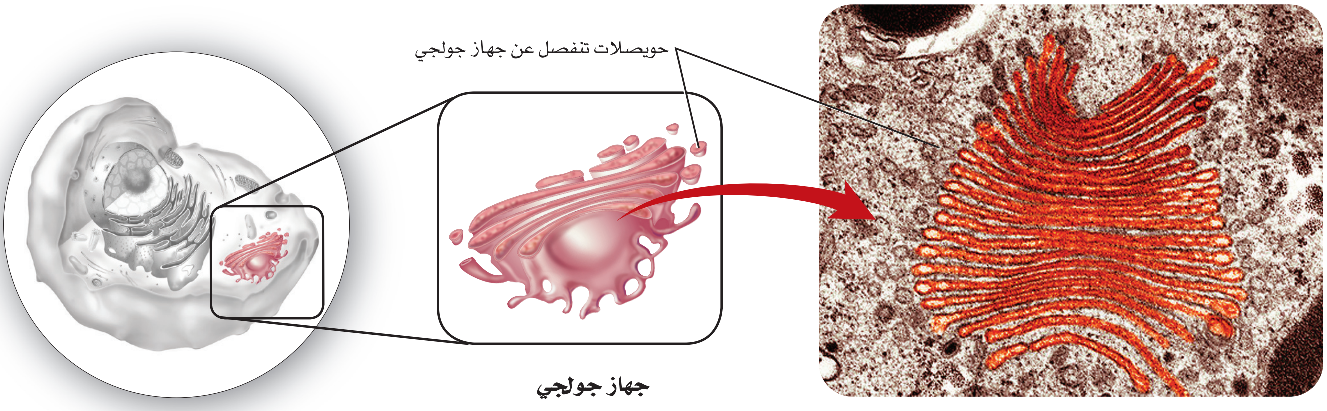
الشبكة الإندوبلازمية Endoplasmic reticulum هي نظام يتكوّن من قنوات متصلة ومتداخلة محاطة بغشاء مزدوج تعمل بوصفها مواقع لبناء البروتين والدهون؛ حيث تزودها الانثناءات والصفائح التي داخلها بمساحة سطح أكبر لكي تُنجز الوظائف الخلوية. وعندما ترتبط الرايبوسومات مع منطقة على الشبكة الإندوبلازمية فإن هذه المنطقة تسمى الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. لاحظ **الشكل 8–8** حيث تبدو الشبكة الإندوبلازمية الخشنة كثيرة النتوءات والبروزات. وهذه البروزات هي الرايبوسومات التي تنتج البروتين تمهيدًا لنقله إلى الخلايا الأخرى. يبين **الشكل 8–8** أيضًا وجود مناطق على الشبكة الإندوبلازمية لا ترتبط بها رايبوسومات. والأجزاء من الشبكة الإندوبلازمية التي لا ترتبط معها رايبوسومات تسمى الشبكة الإندوبلازمية الملساء. وعلى الرغم من عدم وجود رايبوسومات في الشبكة الإندوبلازمية الملساء إلا أنها تقوم بوظائف مهمة في الخلية. منها بناء الكربوهيدرات والدهون المعقدة، ومنها الدهون المفسفرة. كما تعمل الشبكة الإندوبلازمية الملساء في الكبد على إزالة السموم الضارة من الجسم.

الشكل 8–8 الرايبوسومات تراكيب بسيطة تتكون من RNA وبروتين، وقد ترتبط مع سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة. حيث تشبه الرايبوسومات البروزات على سطح الشبكة الإندوبلازمية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 5505



■ **الشكل 9–8** مجموعة من الأغشية التي تكوِّن جهاز جولجي.

جهاز جولجي Golgi apparatus بعد تصنيع التلفاز في مصانع الأجهزة الكهربائية توضع كل قطعة مع ملحقاتها في صندوق ثم تشحن؛ ويقوم جهاز جولجي بعمل مشابه، فبعد بناء بعض البروتينات بواسطة الرايبوسومات على سطح الشبكة الإندوبلازمية ينتقل بعضه بواسطة حويصلات تنفصل عن الشبكة الإندوبلازمية لتصل إلى جهاز جولجي، **الشكل 9–8**. وجهاز جولجي مكوّن من مجموعة من الأغشية المتراصّة تعدِّل البروتينات وترتبها وتغلفها داخل أكياس تسمى الحويصلات تنبثق عن جهاز جولجي، ثم تلتحم الحويصلات بالغشاء البلازمي لتحرر البروتينات إلى بيئة الخلية الخارجية، انظر **الشكل 9–8**.

مختبر تحليل البيانات 8-2

بناءً على بيانات حقيقية

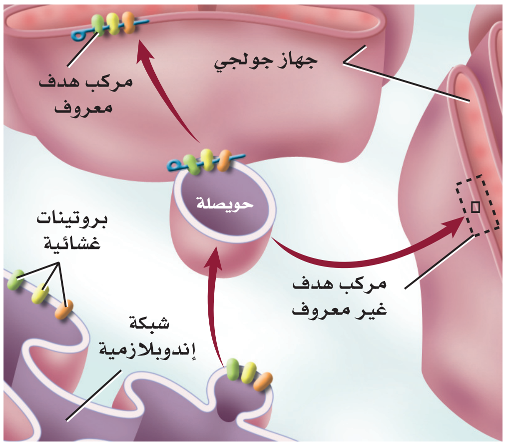
فسّر البيانات

كيف يتم تنظيم انتقال الحويصلات من الشبكة الإندوبلازمية إلى جهاز جولجي؟ تُصنّع الرايبوسومات بعض البروتينات على سطح الشبكة الإندوبلازمية (ER)، وتغلف هذه البروتينات بحويصلات تنقلها بعد ذلك إلى جهاز جولجي. لتعديلها ويدرس العلماء حاليًّا الجزيئات التي تدخل في عملية التحام هذه الحويصلات الإندوبلازمية بجهاز جولجي.

التفكير الناقد

1. **فسّر المخطط** سمِّ مركبين موجودين على جهاز جولجي لهما دور في عملية التحام الحويصلات الإندوبلازمية.
2. **كوِّن فرضية** تفسر فيها انتقال الحويصلات الإندوبلازمية، بناءً على ما قرأته عن السيتوبلازم والهيكل الخلوي.

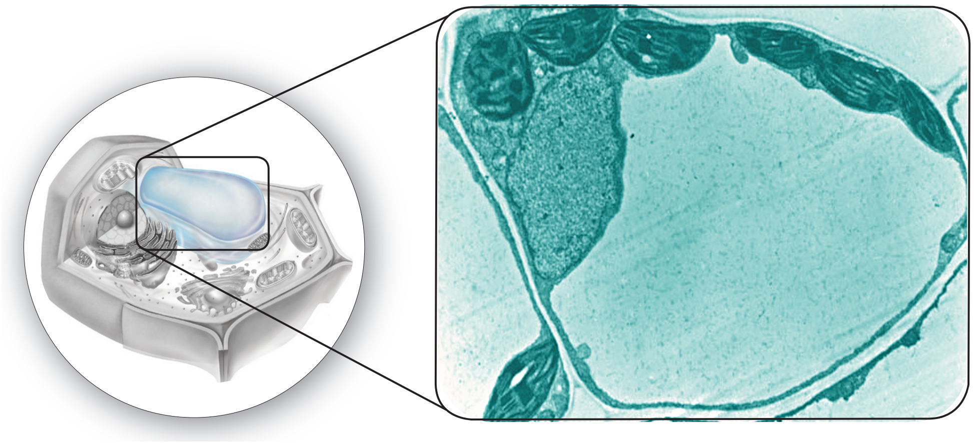
البيانات والملاحظات



أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Brittle, E. E., and Wates, M. G. 2000. ER – to–golgi traffic– this bud's for you. *Science* 289: 403 – 404

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



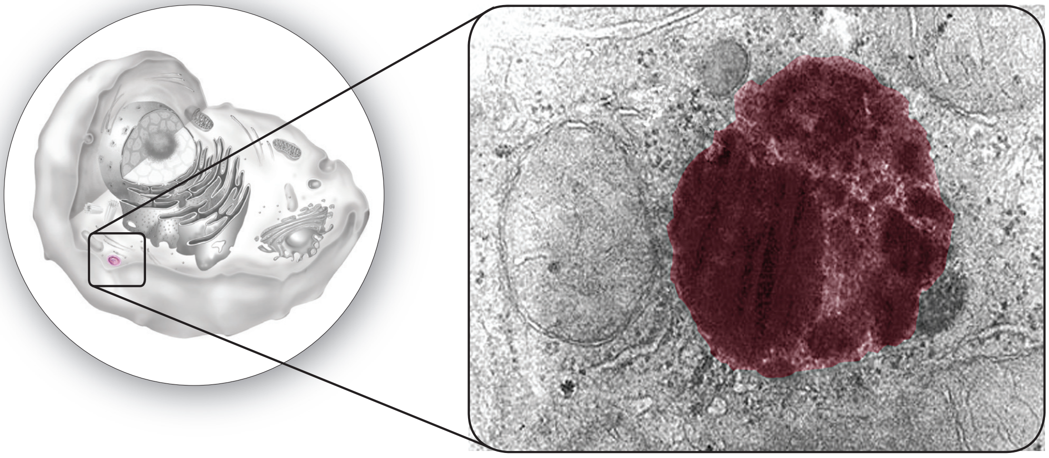
صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 11,000

■ **الشكل 10–8** تحوي خلايا النبات حويصلات تخزين كبيرة محاطة بغشاء، تسمى الفجوات.

الفجوات Vacuoles يوجد في الخلية حويصلات محاطة بغشاء، تسمى الفجوات، تقوم بتخزين المواد بصورة مؤقتة في السيتوبلازم. والفجوة -كالموجودة في خلية النبات- كيس يستخدم في تخزين الغذاء والإنزيمات والمواد الأخرى التي تحتاج إليها الخلية، **الشكل 10–8**. وتخزن بعض الفجوات الفضلات. ومن المثير للاهتمام أن الخلية الحيوانية عادة لا تحوي فجوات، وإذا حدث ذلك فإن الفجوات تكون أصغر كثيرًا مما هي عليه في الخلية النباتية.

الأجسام المحلّلة (الليسوسومات) Lysosomes يوجد في الخلية الحيوانية حويصلات تحوي مواد تهضم، أو تحلل العضيات وجزيئات المواد المغذية الزائدة، تسمى الأجسام المحلِّلة، **الشكل 11–8**. تهضم الأجسام المحلِّلة أيضًا البكتيريا والفيروسات التي تدخل الخلية. ويمنع الغشاء المحيط بالأجسام المحلِّلة الإنزيمات الهاضمة داخلها من تحليل الخلية. وقد تلتحم الأجسام المحلِّلة مع الفجوات، ثم تطرح إنزيماتها في هذه الفجوات لتهضم الفضلات داخلها.

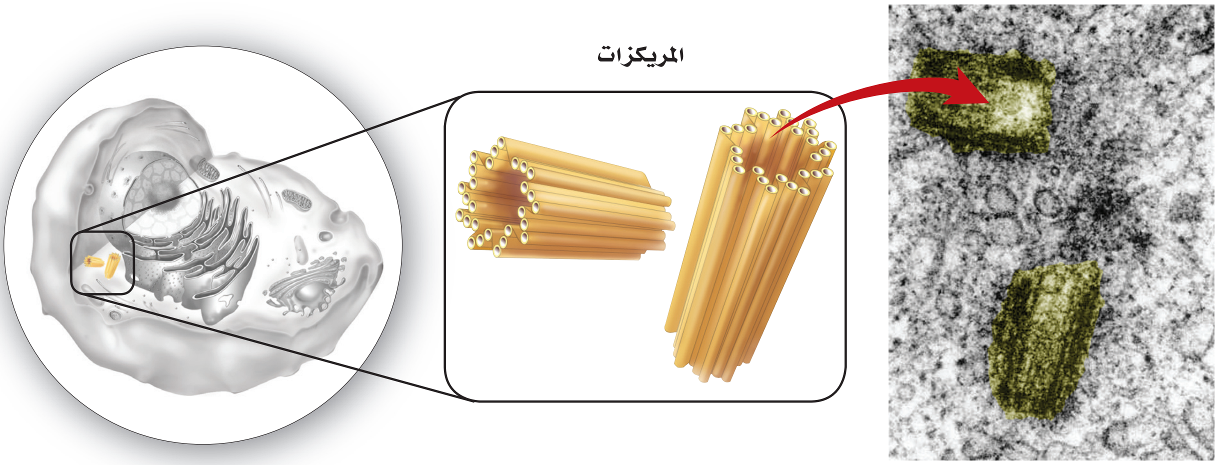
■ **الشكل 11–8** تحوي الأجسام المحلّلة إنزيمات هاضمة تحلّل الفضلات في الفجوات.



الجسم المحلّل (ليسوسوم)

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 40,000

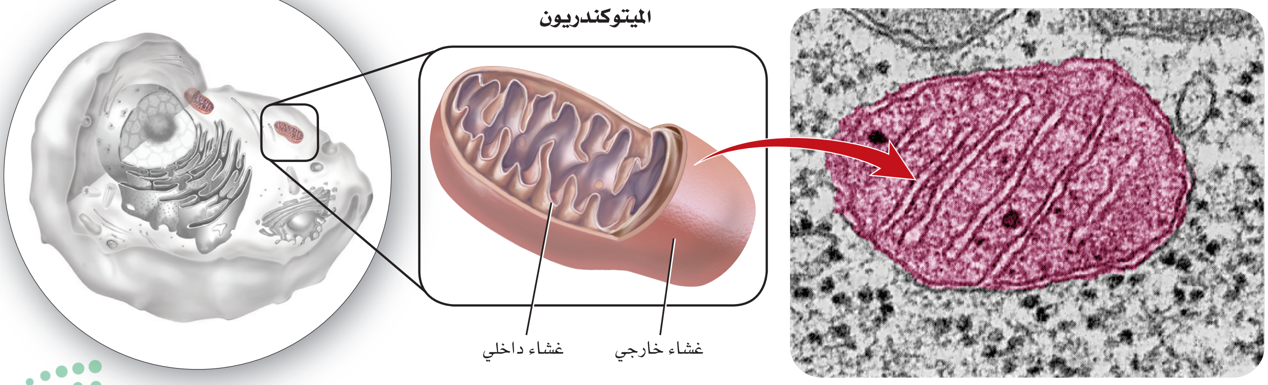


المريكزات Centrioles يتكوّن المريكز من مجموعة من الأُنيبيبات الدقيقة، كما في **الشكل 12–8**، تعمل في أثناء انقسام الخلية. وتوجد المريكزات في سيتوبلازم الخلايا الحيوانية ومعظم الطلائعيات، وهي قريبة من النواة.

الميتوكندريا Mitochondria تحتوي الخلايا على عضيات تنتج الطاقة تسمى الميتوكندريا، وهي تحول جزيئات المواد المغذية (وخصوصًا السكريات) إلى طاقة قابلة للاستخدام. ويبين **الشكل 13–8.** أن للميتوكندريون (مفرد ميتوكندريا) غشاءً خارجيًّا وغشاءً داخليًّا كثير الطيات والانثناءات ليزودا الميتوكندريون بمساحة سطح كبيرة تساعده على تكسير الروابط بين جزيئات السكر. وتُخزن الطاقة الناتجة ضمن روابط كيميائية في جزيئات أخرى لتستخدمها الخلية لاحقًا. ولهذا السبب، غالبًا ما تسمى الميتوكندريا "مصانع الطاقة" في الخلايا.

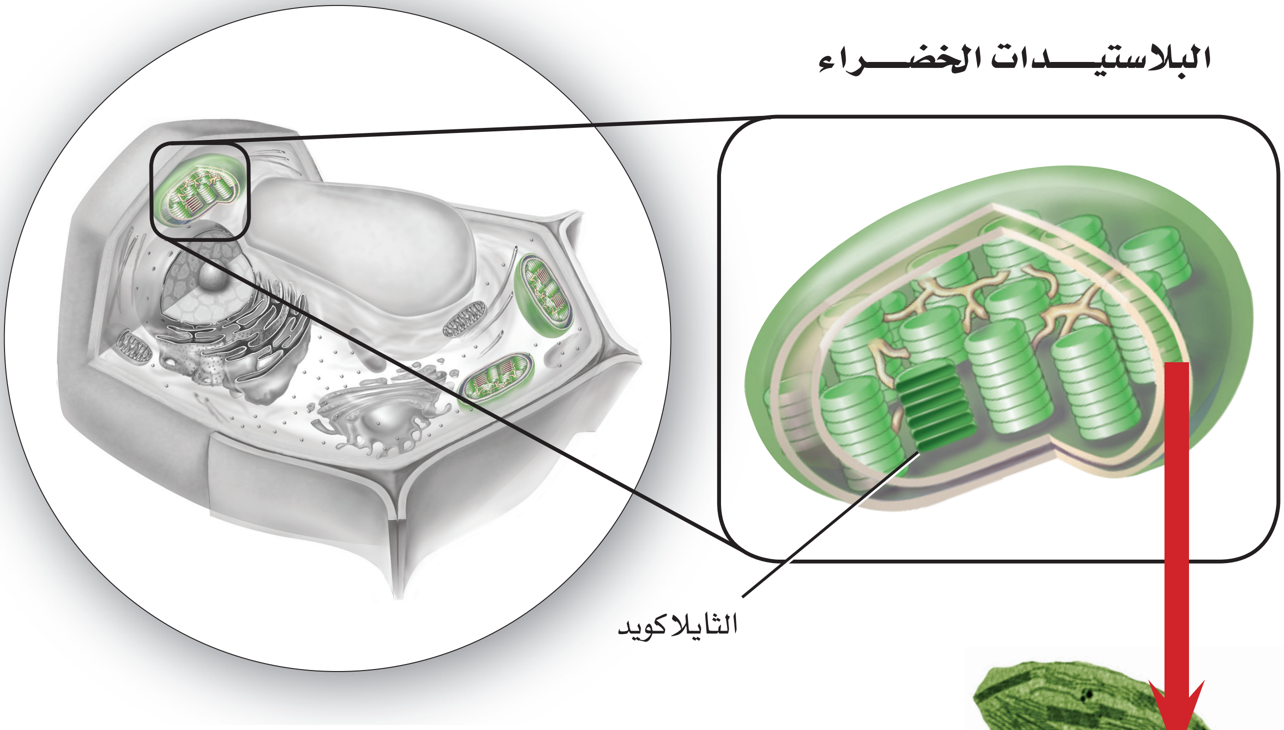
■ **الشكل 12–8** تتكون المريكزات من الأُنيبيبات الدقيقة وتؤدي دورًا مهمًّا في انقسام الخلية.

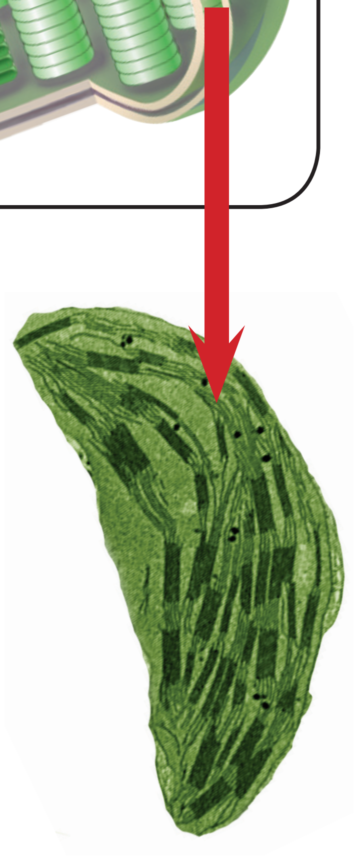
■ **الشكل 13–8** تنتج الميتوكندريا الطاقة وتجعلها متوافرة للخلية.
صف **تركيب الغشاء في الميتوكندريون.**



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

البلاستيدات الخضراء





صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني:

التكبير × 37,000

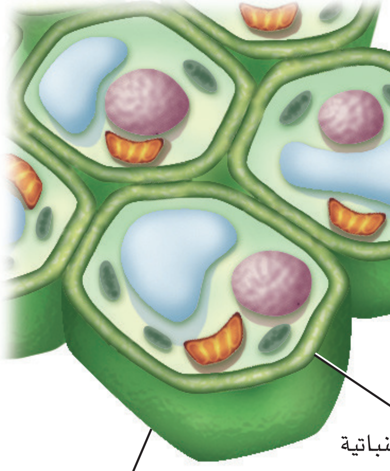
■ **الشكل 14–8** تمتص البلاستيدات الخضراء في النبات الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية.

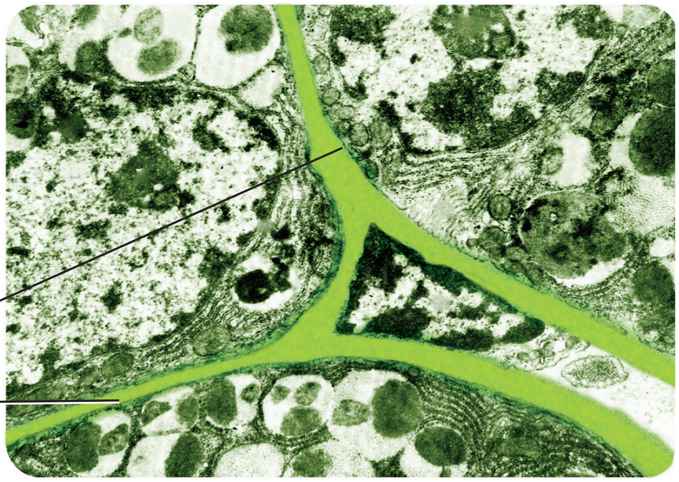
البلاستيدات الخضراء Chloroplasts للخلايا النباتية طريقتها الخاصة في استخدام الطاقة الشمسية. فبالإضافة إلى الميتوكندريا تحتوي خلايا النباتات وبعض الخلايا الأخرى الحقيقية النواة على **البلاستيدات الخضراء** chloroplasts، وهي عضيات تمتص الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية بواسطة عملية البناء الضوئي. تفحّص **الشكل 14–8**، تلاحظ وجود حجرات صغيرة وعديدة على شكل أقراص تسمى الثايلاكويدات داخل الغشاء الداخلي. حيث يتم امتصاص الطاقة الشمسية وتجميعها في الثايلاكويدات بواسطة صبغة الكلوروفيل التي تعطي الأوراق والسيقان اللون الأخضر.

وقد تؤدي البلاستيدات الخضراء في النبات عدة وظائف، ومنها التخزين؛ إذ تخزن بعض البلاستيدات النشا والدهون. كما يحوي بعضها الآخر – ومنها البلاستيدات الملونة – أصباغًا حمراء أو برتقالية أو صفراء تمتص طاقة الضوء وتعطي الألوان المميزة لتراكيب النبات ومنها الأزهار والأوراق.

الجدار الخلوي Cell wall تركيب آخر يوجد في الخلايا النباتية، **الشكل 15–8.** و**الجدار الخلوي** cell wall شبكة من الألياف السميكة الصلبة تحيط بالغشاء البلازمي من الخارج لتحمي الخلية وتوفر لها الدعامة. ويساعد الجدار الخلوي الصلب النباتات على الوصول إلى ارتفاعات مختلفة – تتراوح بين أنصال الحشائش وغابات الشجر الأحمر. كما تتكون الجدران الخلوية في النباتات من كربوهيدرات معقدة تسمى السيليلوز الذي يعطي الجدار خاصية الصلابة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447





صورة محسنة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير × 38,000

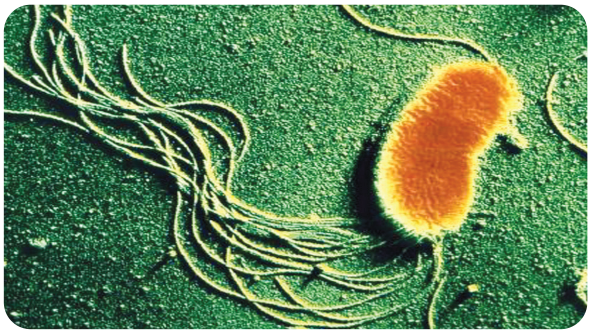
الشكل 15–8 يبين الشكل خلايا نباتية وجدرانها الخلوية. قـارن هذا بصورة المجهر الإلكتروني النافذ، التي تبين الجدران الخلوية للخلايا النباتية المتلاصقة.

الأهداب والأسواط Cilia and flagella يغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة تراكيبُ خاصة تُسـمّى الأهداب والأسـواط، تمتد خارج الغشاء البلازمي. وكما في **الشكل 16–8**، **فالأهداب** cilia زوائد قصيرة كثيرة العدد تشبه الشعر، وحركتها تشبه حركة المجاديف في القارب. أما **الأسواط** flagella فهي أطول من الأهداب وأقل عددًا. وتتكون الأهداب والأسـواط من الأنيبيبات الدقيقة، حيث تترتب في صورة محيط دائرة، أي أن تسعة مجموعات مزدوجة من الأنيبيبات تحيط بأنيبيبين منفردين في المركز، ويعرف هذا النمط التركيبي بالنمط (2+9). وعادة ما يكون للخلية سوط أو اثنان فقط.

وتحوي الهُديبات Pili والأسـواط في الخلايا البدائية النواة سـيتوبلازمًا محاطًا بغشـاء بلازمي. ويتكون كل منهـا من وحدات بنائية مـن البروتين. وعلى الرغم من أن الأهداب والأسـواط تُستخدم في حركة الخلية إلا أن الأهداب توجد أيضًا في خلايا ثابتة وغير متحركة، ومنها الخلايا المبطنة للجهاز التنفسـي في الإنسان والتي تغطيها الأهداب، **الشـكل 16–8**. ويبين **الجدول 1–8** قائمة تضم التراكيب الخلوية.

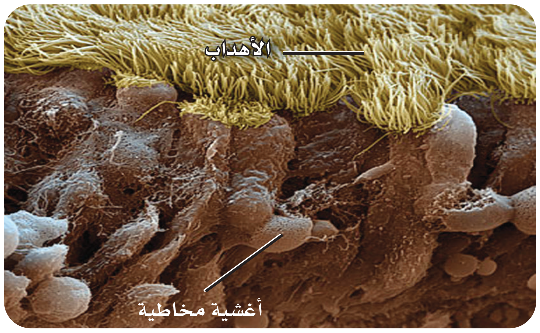
الشـكل 16–8 التراكيـب الشـعرية الدقيقة في الصورة هي الأهداب، والتراكيب التي تشبه الذيل هي الأسواط.
استنتج أين تتوقع أن تجد الأهداب في أجسام الحيوانات؟

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ: التكبير غير معروف



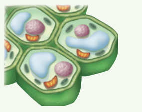
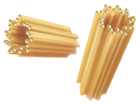
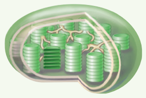
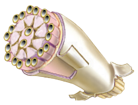
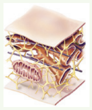
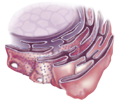
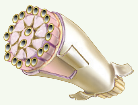
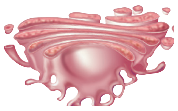
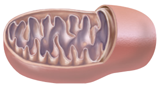
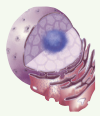
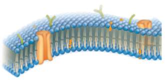
بكتيريا لها أسواط

صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني الماسح ومكبرة ×2,000



أهداب في أنف الإنسان

الجدول 1–8 خلاصة تراكيب الخلية

تركيب الخلية	مثال	الوظيفة	نوع الخلية
الجدار الخلوي		حاجز غير مــرن يعطي الدعامــة والحماية للخلية النباتية.	يوجد في الخلايــا النباتية والفطريات وبعــض الخلايــا بدائيــة النــوى وايضــا في الطلائعيــات الشــبيهة بالنباتات(الطحالب).
المريكزات		أنيبيبات تظهر على شــكل أزواج تــؤدي دورًا في انقسام الخلية.	الخلايــا الحيوانيــة ومعظــم خلايا الطلائعيات.
البلاستيدات الخضراء		عضيات لها غشاء مزدوج وثايلاكويدات موجودة في الغشاء بها صبغة الكلوروفيل، ويتم فيها عملية البناء الضوئي.	الخلايا النباتية فقط.
الأهداب		امتــدادات من ســطح الخليــة تســهم في الحركة والتغذي، وسحب المواد نحو سطح الخلية.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا الحقيقية النوى.
الهيكل الخلوي		شبكة في الخلية توجد داخل السيتوبلازم.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الشبكة الإندوبلازمية		غشاء كثير الطيات يساعد على بناء البروتين.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأسواط		امتدادات تسهم في الحركة والتغذي.	بعض الخلايا الحيوانية وبعض الخلايا النباتية والخلايا البدائية النواة.
جهاز جولجي		أغشــية أنبوبية متراصة ومســطحة تقوم بتغليف البروتين وتعديله لنقله خارج الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الأجسام المحللة (الليسوسومات)		حويصلة تحتوي على إنزيــمات هاضمة تحلل المواد الخلوية الزائدة.	الخلايا الحيوانية فقط.
الميتوكندريون		عضية محاطة بغشاء يوفر الطاقة للخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
النواة		مركز الســيطرة في الخلية، وتحتــوي على تعليمات مشفّرة لإنتاج البروتينات وانقسام الخلية.	جميع الخلايا الحقيقية النواة.
الغشاء البلازمي		حاجز مرن ينظم حركة المواد من الخلية وإليها.	جميع الخلايــا الحقيقية النواة و الخلايا البدائية النواة.
الرايبوسومات		عضيات تُعد موقعًا لبناء البروتينات.	جميع الخلايا.
الفجوات		حويصلة محاطة بغشاء لتخزين مؤقت للمواد.	الخلايا النباتيــة تحوي فجوة كبيرة أما الخلايا الحيوانية فتحــوي القليل من الفجوات الصغيرة الحجم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

العضيات عندما تعمل Organelles at Work

في ضوء الفهم الأساسـي للتراكيب الموجودة في الخليـة يصبح فهم كيفية عمل هـذه التراكيب معًا، وكيفية قيامها بوظيفتها الخلوية أسـهل. فلـو أخذنا مثلاً بناء البروتين فإنه يبدأ في النواة بحسب المعلومات التي يحويها DNA. حيث يتم نسخ هـذه المعلومات الوراثية وينقلها إلى جزيء وراثي آخر يسـمى الحمض النووي الرايبوزي RNA. ينتقل RNA، وكذلك الرايبوسومات التي تنتج في النوية، من خلال ثقوب في الغلاف النووي إلى السيتوبلازم. وتسهم كل من الرايبوسومات و RNA في إنتاج البروتينات. ولكل بروتين يتكون على سطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة وظيفة محددة؛ فربما يصبح بروتينًا يكوّن جزءًا من الغشاء البلازمي، أو بروتينًا يُنقل خارج الخلية، أو بروتينًا ينتقل إلى عضيات أخرى. وتعمل الرايبوسومات الأخرى الحرة في السيتوبلازم على بناء البروتينات أيضًا.

تنتقل معظم البروتينات التي تصنع على سـطح الشبكة الإندوبلازمية الخشنة إلى جهاز جولجـي؛ حيث تُغلف البروتينـات في حويصلات لنقلهـا إلى العضيات الأخـرى أو إلى خارج الخلية. وتسـتخدم العضيات الأخـرى البروتينات للقيام بالعمليـات الخلويـة. فمثلاً، تسـتخدم الأجسـام المحللة (الليسـوسـومات) البروتينـات، وخصوصًا الإنزيمـات؛ لتهضم الغـذاء والفضلات. وتسـتخدم الميتوكندريا الإنزيمات لإنتاج الطاقة اللازمة للخلية.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي التواصل العلمي
Science Communications Specialist يوظّف الكثير من الناشرين في مجال العلوم أشخاصًا يختصون بالكتابة حول البحوث وأهميتها للرأي العام. وغالبًا ما يتحقق ذلك من خلال الإعلام والإعلانات والكتيبات والبريد الموجَّه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التقويم 1-8

الخلاصة

- هناك نوعان رئيسان من الخلايا هما: الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.
- تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات.
- النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها.
- يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة.
- يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي.
- يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي.
- تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية.
- الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين.
- الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **صف** كيف يساعد الغشاء البلازمي على الحفاظ على الاتزان الداخلي للخلية؟
2. **ميِّز** بين الغشاء البلازمي والعضيات.
3. **وضّح** كيف يبقى داخلُ الخلية منفصلاً عن خارجها؟
4. **ارسم** مخططًا للغشاء البلازمي، وحدّد عليه الأجزاء.
5. **حدّد** جزيئات الغشاء البلازمي التي تشكل التركيب الأساسي للغشاء، وتسهم في تمييز الخلية، وسيولة الغشاء.
6. **حدّد** دور النواة في الخلية الحقيقية النواة.
7. **لخص** دور الشبكة الإندوبلازمية.
8. **استنتج** لماذا لا يعدّ بعض العلماء الرايبوسومات من عضيات الخلية.

التفكير الناقد

9. **صف** كيف تحدد ما إذا كانت خلايا مخلوق حي اكتُشف حديثًا بدائية أم حقيقية النواة؟
10. **فسّر** ما أثر وجود كميات كبيرة من الكولسترول على الغشاء البلازمي بدلًا من وجوده داخله؟
11. **كوِّن فرضية** توضح كيف تعمل الأجسام المحلِّلة على تحويل اليرقة إلى فراشة.
12. الكتابة في علم الأحياء
بناءً على ما تعرفه عن مصطلح "فسيفسائي". اكتب فقرة تصف فيها تركيبًا حيويًّا فسيفسائيًّا آخر.
13. **رتّب** التراكيب والعضيات في الجدول 1-8 في قائمة تعتمد على نوع الخلية، ثم ارسم خريطة مفاهيمية توضح هذا التنظيم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

8-2

كيمياء الخلية Cell Chemistry

الأهداف

- **تصف** أهمية عنصر الكربون في المخلوقات الحية.
- **تلخص** المجموعات الأربع الرئيسة للجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تقارن** بين وظائف كل مجموعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- **تلخص** أهمية الإنزيمات في المخلوقات الحية.

مراجعة المفردات

الإنـزيم: بروتين يسرّع من معدل التفاعل الكيميائي.

المفردات الجديدة

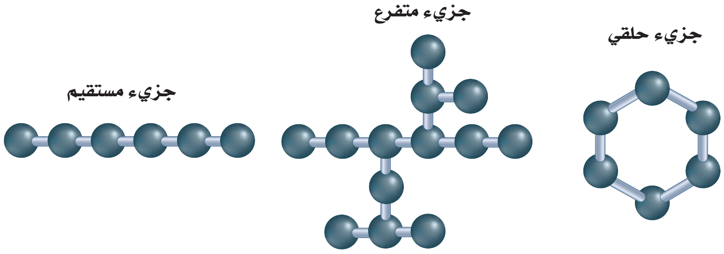
الجزيئات الكبيرة
البوليمر
الحمض الأميني
طاقة التنشيط
المحفز
الموقع النشط
الحمض النووي
النيوكليوتيدات

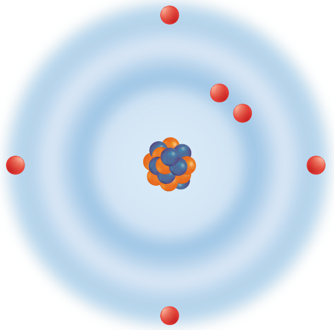
الفكرة الرئيسة **تتكون خلايا المخلوقات الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.**

الربط مع الحياة يستمتع الأطفال بلعبة القطار؛ لأنهم يربطون مجموعة من العربات معًا، ويكوّنون أشكالًا متنوعة منها من خلال ربط عربات ذات ألوان أو وظائف متشابهة معًا. وكذلك الأمر في علم الأحياء؛ فهناك جزيئات كبيرة تتكون من الكثير من الوحدات الصغيرة المتصلة معًا.

الكيمياء العضوية Organic Chemistry

خلق الله سبحانه وتعالى معظم الحياة على سطح الأرض تعتمد على الكربون؛ لأن عنصر الكربون يدخل في تركيب معظم الجزيئات الحيوية. ولما كان الكربون عنصرًا ضروريًّا فقد خصّص العلماء فرعًا كاملاً في الكيمياء يُسمى الكيمياء العضوية؛ لدراسة المركبات العضوية، أي المركبات التي تحتوي على الكربون. تستطيع ذرة كربون واحدة تكوين أربع روابط مشتركة مع الذرات الأخرى؛ وذلك لأن الكربون يحوي أربعة إلكترونات في مداره الأخير، كما في **الشكل 17–8**، حيث تمكّن هذه الروابط ذرات الكربون من الارتباط معًا، مما ينتج عنها مركبات عضوية متنوعة، قد تكون على صورة سلاسل مستقيمة، أو متفرعة، أو على صورة مركبات حلقية، كما في **الشكل 17–8**.





الشكل 17–8 يعتمد التنوع المدهش في الحياة على تنوع المركبات الكربونية التي أوجدها الخالق جل وعلا. فوجود أربعة إلكترونات في المدار الأخير للكربون يسمح بتكوين جزيئات ذات سلاسل مستقيمة أو متفرعة أو حلقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447
رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

المفردات

أصل الكلمة

البوليمر Polymer

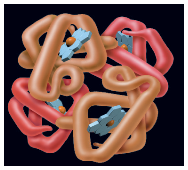
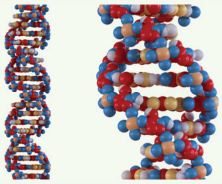
Poly: من اليونانية، وتعني "العديد".

meros–: مـــن اليونانيـــة، وتعني "جزء".

الجزيئات الكبيرة Macromolecules

يمكن أن ترتبط ذرات الكربون معًا لتكون جزيئات الكربون. وبالطريقة نفسها، تخزن معظم الخلايا مركبات كربونية صغيرة تعمل عمل وحدات بناء أساسية للجزيئات الكبيرة. و**الجزيئات الكبيرة** macromolecules جزيئات ضخمة، تتكون من ارتباط جزيئات عضوية أصغر. وتسمى هذه الجزيئات الكبيرة البوليمرات. و**البوليمرات** polymers جزيئـات مكونة من وحدات متكررة من مركبات متشـابهة أو قريبة التشابه تسمى الوحدات الأساسية (مونومرات monomers) ترتبط معًا بسلسلة من الروابط المشتركة (التساهمية). وكما في **الجدول 2–8**، تقسم الجزيئات الحيوية الكبيرة إلى أربع مجموعات رئيسة، هي الكربوهيدرات، والدهون، والبروتينات، والأحماض النووية.

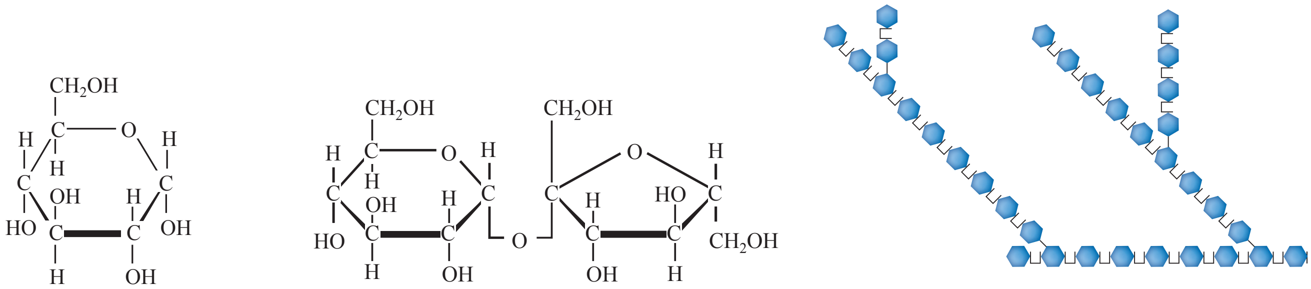
ماذا قرأت؟ **استخدم** التشابه في وصف الجزيئات الكبيرة.

الجدول 2–8	الجزيئات الكبيرة	
المجموعة	**المثال**	**الوظيفة**
الكربوهيدرات	خبز	• تخزن الطاقة. • توفر دعمًا تركيبيًّا.
الدهون	خلية نحل	• تخزن الطاقة. • تشكل حواجز.
البروتينات	 الهيموجلوبين	• نقل المواد. • تزيد سرعة التفاعل. • تعطي دعمًا تركيبيًّا. • تكوّن الهرمونات.
الأحماض النووية	 يُخزن DNA المعلومات الوراثية في نواة الخلية	• تخزن المعلومات الوراثية وتنقلها.

إرشادات الدراسة

ملاحظات ثنائية اطوِ ورقة طوليًّا نصفين، واكتـب العنوان المكتوب بالخط الغامق الذي يظهر تحت عنوان الجزيئات الكبيرة على الجانب الأيمن (البوليميرات). وسجل الملاحظات حول الأفكار المهمة والمفردات في أثناء قراءتك النص.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



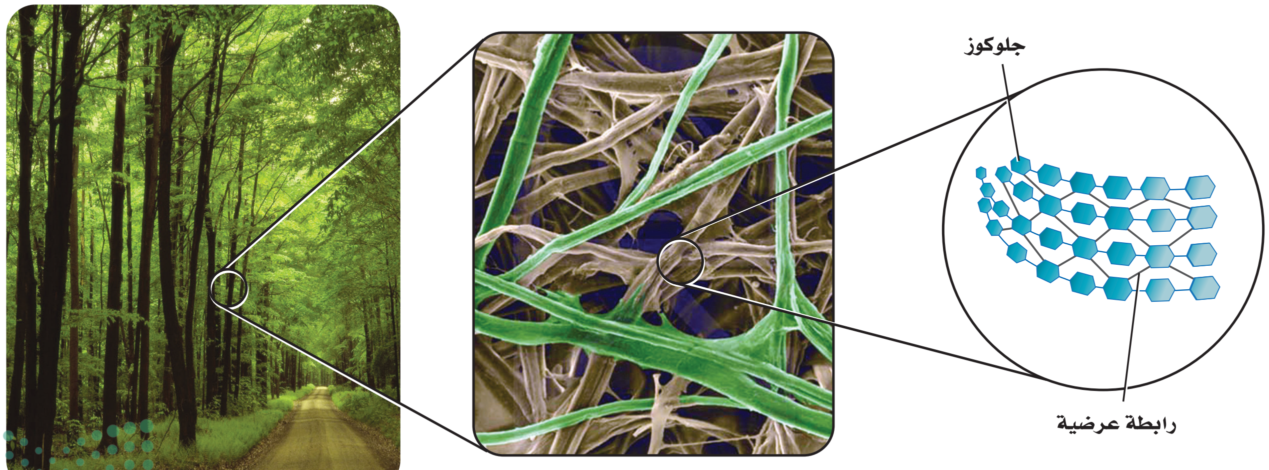
■ **الشكل 18–8** الجلوكوز من السكريات الأحادية. يتكون السكروز (سكريات ثنائية) من الجلوكوز والفركتوز، وكلاهما من السكريات الأحادية. الجلايكوجين من السكريات المتعددة ومتفرع، ويتكون من الجلوكوز بوصفه وحدات أساسية.

الكربوهيدرات Carbohydrates تسمى المركبات التي تتكون من الكربون والهيدروجين والأكسجين بالنسب التالية (ذرة أكسجين واحدة وذرتي هيدروجين لكل ذرة كربون) الكربوهيدرات. وتكتب الصيغة العامة للكربوهيدرات في صورة $(CH_2O)_n$؛ حيث تمثل n عدد وحدات CH_2O في السلسلة. وتسمى الكربوهيدرات في أجسام المخلوقات الحية السكريات البسيطة (أو السكريات الأحادية) إذا كانت قيمة n فيها 3–7، ويؤدي الجلوكوز وهو من السكريات الأحادية المبين في **الشكل 18–8**، دورًا أساسيًّا بوصفه مصدرًا للطاقة في المخلوقات الحية.

يمكن أن ترتبط جزيئات أحادية السكر لتكوين جزيئات أكبر. ويرتبط جزيئان من السكريات الأحادية معًا لينتج السكريات الثنائية. وتشبه السكريات الثنائية الجلوكوز في أنها مصدر للطاقة. فالسكروز (سكر المائدة) المبين في **الشكل 18–8**، واللاكتوز الذي هو أحد مكونات الحليب هما سكريات ثنائية. أما جزيئات الكربوهيدرات الأطول فتسمى السكريات المتعددة. والجلايكوجين المبين في **الشكل 18–8** واحد من الأمثلة على هذه السكريات المهمة. فالجلايكوجين شكل آخر من الجلوكوز وهو مخزن للطاقة، ويوجد في الكبد والعضلات الهيكلية. وعندما يحتاج الجسم إلى الطاقة خلال التمارين الرياضية أو بين الوجبات يتحلل الجلايكوجين إلى جلوكوز.

بالإضافة إلى دور الكربوهيدرات بوصفها مصدرًا للطاقة؛ فهي تؤدي وظائف أخرى مهمة. ففي النبات، يوفر السيليلوز (نوع من الكربوهيدرات) دعمًا تركيبيًّا للجدار الخلوي، كما في **الشكل 19–8**.

■ **الشكل 19–8** السيليلوز في خلايا النبات يعطي دعمًا تركيبيًّا للأشجار لتبقى منتصبة في الغابة.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

يتكون السيليلوز من سلاسل جلوكوز ترتبط معًا بألياف صلبة تناسب تمامًا دورها التركيبي. ويعد الكايتين من المركبات العديدة التسكر التي تحوي النيتروجين. وهو المكون الرئيس لصدفة الروبيان الخارجية، وسرطان البحر وبعض الحشرات، وكذلك الجدار الخلوي لبعض الفطريات.

الدهون Lipids تحتوي جزيئات الدهون غالبًا على الكربون، والهيدروجين، وهي تكوّن الشحوم، والزيوت والشمع. وتتكون الدهون من وحدات بنائية هي الأحماض الدهنية والجليسرول، ومكونات أخرى. والوظيفة الرئيسة للدهون هي تخزين الطاقة. ومن هذه الدهون ثلاثي الجليسيريد، وقد يكون دهنًا إذا كان صلبًا في درجة حرارة الغرفة، وزيتًا إذا كان سائلًا في درجة حرارة الغرفة. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تخزين ثلاثي الجليسيريد في الخلايا الدهنية في الجسم. كما تُغطى أوراق الأشجار بدهون تُسمى شمع الكيوتيكل تمنع فقدان الماء. وتتكون حجرات خلية النحل من شمع النحل.

الدهون المشبعة وغير المشبعة Saturated and unsaturated fats تحتاج المخلوقات الحية إلى الدهون لإتمام وظائفها. ويتضمن التركيب الأساسي للدهون الأحماض الدهنية، كما في **الشكل 20–8**. حيث تتكون هذه الأحماض من سلسلة من ذرات الكربون التي يرتبط بعضها مع بعض من جهة ومع الهيدروجين من جهة أخرى بروابط أحادية أو ثنائية. فإذا كانت الروابط بين ذرات الكربون أحادية، سمِّيت الدهون المشبعة. أما الدهون التي تحوي رابطة ثنائية واحدة على الأقل بين ذرات الكربون في سلسلة الحمض الدهني فتسمى الدهون غير المشبعة. وتسمى الدهون التي تحوي أكثر من رابطة ثنائية واحدة الدهون غير المشبعة المتعددة.

الدهون المفسفرة Phospholipids يبين الشكل 20–8 دهونًا خاصة تسمى الدهون المفسفرة، وهي مسؤولة عن تركيب الغشاء الخلوي ووظيفته. فالدهون كارهة للماء، وهذا يعني أنها لا تذوب فيه. وهذه الخاصية مهمة؛ لأنها تسمح للدهون أن تعمل حاجزًا في الأغشية الحيوية.

مختبر تحليل البيانات 3-8

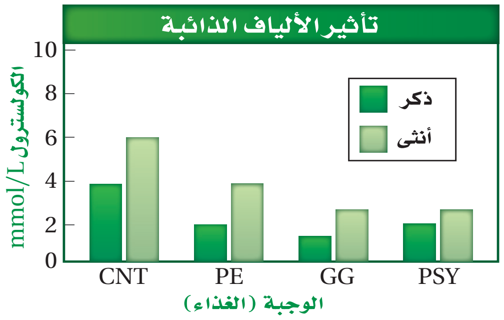
بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

هل تؤثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول؟ يرتبط وجود كميات كبيرة من الستيرويدات، تسمى الكولسترول، في الدم مع ظهور أمراض القلب. ويدرس الباحثون آثار الألياف الذائبة في الطعام في الكولسترول.

البيانات والملاحظات

قوّمت هذه التجربة أثر ثلاثة ألياف ذائبة في مستويات الكولسترول في الدم، وهي: البكتين (PE)، وعلكة الجوار Guar gum (GG)، والسيليوم (PSY). وتم استخدام السيليلوز (CNT) بوصفه مجموعة ضابطة.



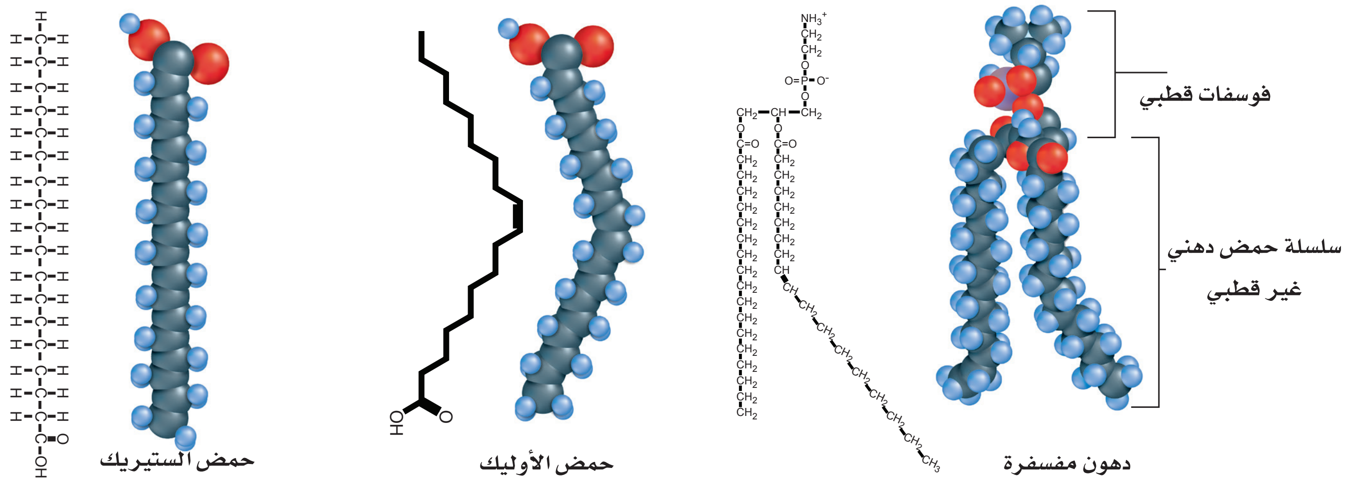
التفكير الناقد

1. **احسب** نسبة التغير في مستويات الكولسترول مقارنة بالمجموعة الضابطة.
2. **صف** أثر الألياف الذائبة في مستويات الكولسترول في الدم.

أخذت البيانات في هذا المختبر من:

Shen, et al. 1998. Dietary soluble fiber lowers plasma LDL cholesterol concentrations by altering lipoprotein metabolism in female Guinea pigs, *Journal of Nutrition*. 128: 1434 – 1441

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

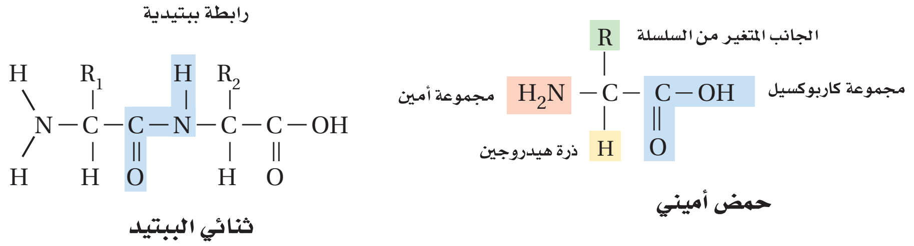


■ **الشكل 20–8** لا توجد رابطة ثنائية بين ذرات الكربون في حمض الستيريك. في حين توجد رابطة ثنائية واحدة في حمض الأوليك. وتحوي الدهون المفسفرة رأسًا قطبيًّا وسلسلتين غير قطبيتين من الأحماض الدهنية.

الستيرويدات Steroids هناك مجموعة أخرى مهمة من الدهون، وهي مجموعة الستيرويدات التي تضم مواد منها الكولسترول والهرمونات. وعلى الرغم من الاعتقاد الشائع الذي يعدها دهونًا ضارّة، إلا أن الكولسترول يُعد نقطة البداية في إنتاج دهون ضرورية أخرى، ومنها فيتامين D وهرمونات الإستروجين والتستوستيرون.

البروتينات Proteins من الوحدات البنائية الأخرى في المخلوقات الحية البروتين. ويتكوّن البروتين من مركبات كربونية صغيرة تسمى الأحماض الأمينية. و**الأحماض الأمينية** amino acids مركبات صغيرة مكونة من كربون، ونيتروجين، وأكسجين، وهيدروجين وأحيانًا كبريت. وتشترك الأحماض الأمينية جميعها في التركيب العام نفسه.

تركيب الحمض الأميني Amino acid structure توجد ذرة كربون مركزية في الأحماض الأمينية، **الشكل 21–8**. ويكوّن الكربون أربع روابط مشتركة، وإحدى هذه الروابط مع الهيدروجين والروابط الثلاث الأخرى مع كل من مجموعة الأمين ($-NH_2$)، ومجموعة الكاربوكسيل ($-COOH$) والمجموعة المتغيرة ($-R$). وتجعل المجموعة المتغيرة كل حمض أميني مختلفًا عن الآخر. وهناك 20 مجموعة متغيرة مختلفة. يتكون البروتين من الارتباط المتنوع بين جميع الأحماض الأمينية العشرين المختلفة. وتربط عدة روابط مشتركة - تسمى الروابط الببتيدية - الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتينات، **الشكل 21–8**. وتتكون الرابطة الببتيدية بين مجموعة الأمين لحمض أميني ومجموعة الكاربوكسيل لحمض أميني آخر.



■ **الشكل 21–8**

يمين: يحوي التركيب العام للحمض الأميني أربع مجموعات حول ذرة كربون مركزية.

يسار: تتكون الرابطة الببتيدية في البروتينات نتيجة تفاعل كيميائي.

فسر ما الجزيء الآخر الناتج عن تكوّن رابطة ببتيدية؟

وظيفة البروتين Protein function تشكل البروتينات حوالي 15٪ من كتلة الجسم، وتسهم في كل وظيفة من وظائفه تقريبًا. فمثلاً، تتكون عضلاتك وجلدك وشعرك من البروتينات. وتحوي خلايا الجسم حوالي 10,000 بروتين مختلف توفر دعمًا تركيبيًّا، وتنقل المواد إلى داخل الخلية وبين الخلايا، وتوصل الإشارات داخل الخلية وبين الخلايا، وتزيد من معدل سرعة التفاعلات الكيميائية، وتسيطر على نمو الخلايا.

الإنزيمات Enzymes تحدث مجموعة هائلة من التفاعلات الكيميائية في جميع المخلوقات الحية. وتحدث هذه التفاعلات الكيميائية ببطء عندما تتم في المختبر؛ لأن طاقة التنشيط لها عالية. و**طاقة التنشيط** activation energy هي الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

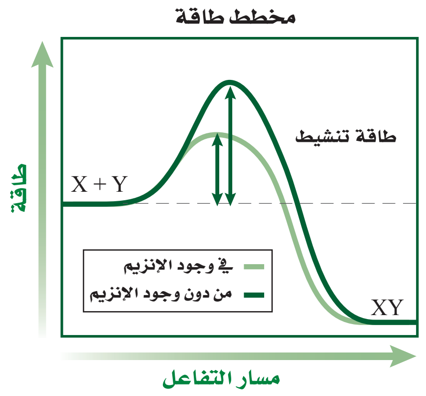
وحتى يكون الأمر مفيدًا للمخلوقات الحية دون الحاجة إلى استهلاك المزيد من الطاقة، يجب أن يكون هناك مواد إضافية لضمان حدوث التفاعل الكيميائي، على أن تقلل طاقة التنشيط، وتسمح للتفاعل بأن يكتمل بسرعة.

المحفِّز catalyst مادة تقلل طاقة التنشيط التي يتطلبها بدء التفاعل الكيميائي. وعلى الرغم من أن المحفِّز يؤدي دورًا مهمًّا في تسريع التفاعل الكيميائي، إلا أنه لا يزيد من كمية نواتج التفاعل ولا يُستهلك في التفاعل. ويستخدم العلماء أنواعًا عديدة من المحفِّزات لحدوث التفاعلات بصورة أسرع آلاف المرات مما لو حدث التفاعل من دون المحفِّز. هناك أنواع خاصة من البروتين تسمى الإنزيمات، وهي محفِّزات حيوية خلقها الله سبحانه وتعالى لكي تزيد سرعة التفاعل الكيميائي في العمليات الحيوية؛ فالإنزيمات ضرورية للحياة. قارن بين مسار التفاعل في **الشكل 22–8**، لتتعرف أثر الإنزيم في التفاعل الكيميائي. والإنزيم كأي محفِّز لا يتم استهلاكه في أثناء التفاعل الكيميائي. فيمكن استخدامه مرة أخرى بعد أن يسهم في أي تفاعل كيميائي.

ومن الإنزيمات الأميليز، وهو مهم في اللعاب. وتبدأ عملية الهضم في الفم عندما يسرّع إنزيم الأميليز تحليل سكر الأميلوز، أحد مكونات النشا. وكما هو الحال في الأميليز، فإن معظم الإنزيمات تختص بتفاعل واحد فقط.

تكون الإنزيمات على درجة عالية من التخصص بنوع من التفاعلات. وهي في هذا تختلف عن العوامل المساعدة الكيميائية الأخرى؛ فهي اختيارية في تفاعلاتها، فكل إنزيم ينشّط تفاعلاً واحدًا أو عددًا قليلًا من التفاعلات، ولا تحدث تفاعلات جانبية غير مرغوبة.

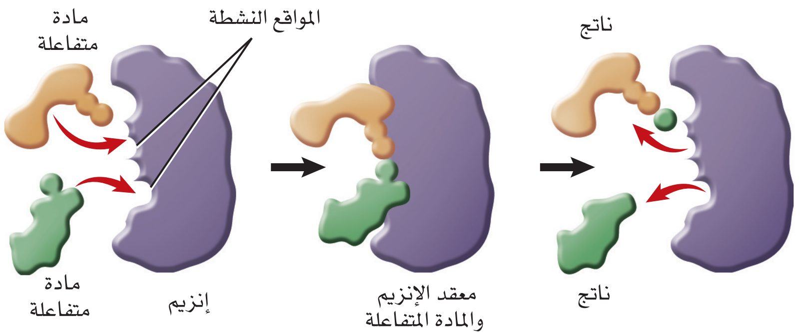
يعمل الإنزيم على تقليل طاقة التنشيط اللازمة لبدء التفاعل، بحيث يحدث عند درجة حرارة الخلية، فكيف يقلل الإنزيم طاقة التنشيط لبدء التفاعل؟ تتبع **الشكل 23–8** لتتعلم كيف يعمل الإنزيم.



الشكل 22–8 عندما يعمل إنزيم محفِّزًا حيويًّا يحدث التفاعل بسرعة تستفيد منها الخلية.
قارن بين طاقة تنشيط التفاعل من دون وجود الإنزيم وطاقة تنشيطه مع وجود الإنزيم.

المطويات
ضمِّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



الشكل 23–8 تتفاعل المادة المتفاعلة مع الإنزيم في أماكن خاصة تسمى المواقع النشطة. حيث ترتبط معه المواد التي يتناسب شكلها مع شكل الموقع النشط.

تسمى المواد التي ترتبط مع الإنزيم المواد المتفاعلة substrates. ويسمى موقع ارتباط المادة المتفاعلة مع الإنزيم **الموقع النشط** active site . وللموقع النشط والمادة المتفاعلة شكل متماثل أو متطابق يمكّن المادة المتفاعلة والإنزيم من الارتباط بأسلوب دقيق مشابه لطريقة تثبيت قطع الأحاجي بعضها مع بعض. وكما هو مبين في **الشكل 23–8** يتحد الإنزيم بالمواد المتفاعلة التي لها نفس حجم الموقع النشط وشكله.

عندما ترتبط المادة المتفاعلة مع الموقع النشط يغير هذا الموقع شكله ويكوِّن مُعقد الإنزيم–المادة المتفاعلة. ويساعد الإنزيم المواد المتفاعلة على تكسير الروابط الكيميائية في المواد المتفاعلة، وتتكون روابط جديدة؛ حيث تتفاعل المواد المتفاعلة لتكوّن ناتجًا يحرره الإنزيم بعد ذلك.

تؤثر عوامل – منها الرقم الهيدروجيني، ودرجة الحرارة، ومواد أخرى – في نشاط الإنزيم. فمثلاً تكون معظم الإنزيمات في خلايا الإنسان في أقصى نشاط لها عند درجة حرارة مُثلى قريبة من 37 °C. ولكن الإنزيمات في المخلوقات الحية الأخرى كالبكتيريا تكون نشطة عند درجة حرارة مختلفة.

تؤثر الإنزيمات في الكثير من العمليات الحيوية. فعندما تلسع أفعى سامة شخصًا ما يُحلل إنزيم موجود في سمّها الغشاء البلازمي في خلايا دمه الحمراء، وكذلك ينضج التفاح الأخضر القاسي نتيجة نشاط الإنزيم، وتعطي عمليتا البناء الضوئي والتنفس الطاقة للخلية بمساعدة الإنزيمات. ولما كان النحل العامل مهمًا في بقاء خلية النحل، فإن الإنزيمات أيضًا مهمة في الخلية.

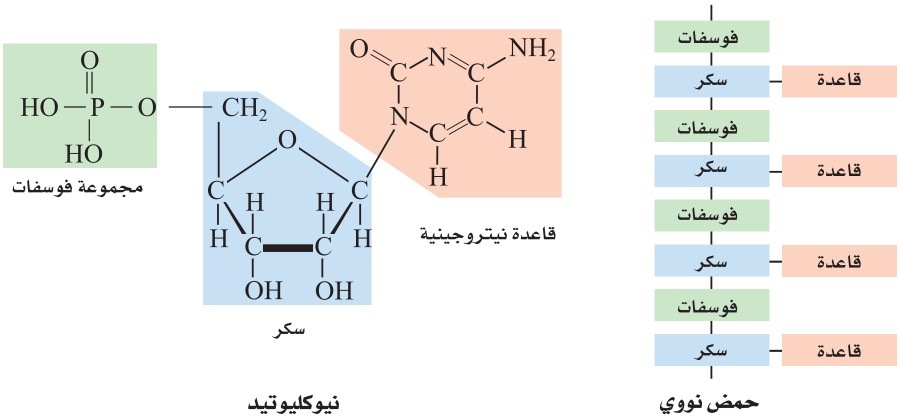
الأحماض النووية Nucleic acids المجموعة الرابعة من الجزيئات الحيوية الكبيرة هي الأحماض النووية. **الأحماض النووية** nucleic acids جزيئات كبيرة معقدة تخزّن المعلومات الوراثية وتنقلها. يتكون الحمض النووي من وحدات بنائية صغيرة مكررة تسمى **النيوكليوتيدات** nucleotides. وتتكون النيوكليوتيدات من ذرات كربون ونيتروجين وأكسجين، وفوسفور وهيدروجين، **الشكل 24–8**. هناك ستة نيوكليوتيدات رئيسة، كلها تحوي ثلاث وحدات، هي الفوسفات والقاعدة النيتروجينية وسكر الرايبوز الخماسي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

■ **الشكل 24–8**

يمين: ترتبط النيوكليوتيدات معًا نتيجة وجود روابط بين مجموعة السكر ومجموعة الفوسفات.

يسار: تحوي نيوكليوتيدات الـDNA سكر الرايبوز المنقوص الأكسجين، في حين تحـوي نيوكليوتيدات RNA سكر الرايبوز.



وهناك نوعان من الأحماض النووية فـي المخلوقات الحية، هما الحمض النووي الرايبوزي المنقوص الأكسـجين (DNA)، والحمض النووي الرايبوزي (RNA). ففـي الأحمـاض النوويـة مثـل DNA و RNA، يرتبط سـكر الرايبـوز في أحد النيوكليوتيدات مع مجموعة فوسـفات لنيوكليوتيد آخر. أمـا القاعدة النيتروجينية التي تبرز خارج السلسـلة فهي قابلة لتكوين رابطة هيدروجينية مع قواعد أخرى في نيوكليوتيدات أخرى.

يسـمى النيوكليوتيد الذي يحوي ثلاث مجموعات من الفوسـفات بالأدينوسـين الثلاثـي الفوسـفات (ATP)، وهو الجزيء الـذي يخزن الطاقـة الكيميائية التي تسـتخدمها الخلايا في تفاعلاتها المختلفة، حيث تتحرر الطاقة عند تكسير الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة.

التقويم 2-8

الخلاصة

- المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.
- تتكون الجزيئات الحيوية الكبيرة بواسـطة ارتباط مركبات كربونية صغيرة لتكوّن البوليمرات.
- هنـاك أربعة أنواع مـن الجزيئات الحيوية الكبيرة.
- ترتبط الأحمـاض الأمينية برابطة ببتدية لتكوّن البروتين.
- تكـوّن سلاسـل النيوكليوتيدات الأحماض النووية
- الإنزيمات محفِّزات حيوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **فسِّر** إذا تم تحديد مادة غير معروفة وجدت في النيزك ولا تحتوي على بقايا كربون، فهل يسـتطيع العلماء استنتاج أن هناك حياة في النيزك؟
2. **اعمل** قائمة تقارن فيها بين الجزيئات الحيوية الكبيرة الأربعة.
3. **حـدّد** مكونـات الكربوهيدرات والبروتينات.
4. **ناقش** أهميـة ترتيـب الحمض الأميني في وظيفة البروتين.
5. **صـف** أهميـة الإنزيمـات في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

6. **لخّص** نتيجـة وجـود الكثير من البروتينات في الجسـم، وفسّـر لماذا يعد شـكل الإنزيـم مهمًّا لوظيفته؟
7. **ارسـم** تركيبين (أحدهما سلسـلة مستقيمة وأخرى حلقية) لكربوهيدرات صيغتها الكيميائية $(CH_2O)_6$.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

إثراء علمي

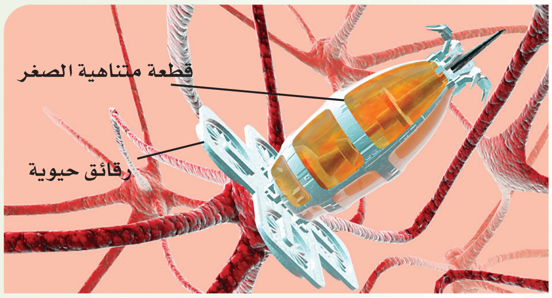
مستجدات في علم الأحياء

استكشاف تقنية النانو Exploring Nanotechnology

تخيل أنه يمكن اكتشاف خلايا السرطان والقضاء عليها الواحدة تلو الأخرى، أو أن دواءً جديدًا يمكن اختباره على خلية واحدة لتقويم فاعليته السريرية. إنَّ التقدم التقني هو الذي سمح للعلماء بالتركيز على خلايا محددة، ويجعلها حقيقة في المستقبل القريب.

إن علم تقنية النانو فرع من العلوم يدرس تطور آلات تعمل بمقياس دقيق جدًّا هو النانو، واستخدامها. والنانو يساوي واحدًا من البليون من المتر (10^{-9} m). ولوضع هذا المقياس في منظوره الحقيقي لاحظ أن معظم خلايا الإنسان يتراوح قطرها بين 10,000–20,000 nm.

مجهر القوة الذرية Atomic force microscope يستخدم الباحثون تقنية النانو في مجهر القوة الذرية ليعملوا على خلية مفردة. ويستخدم هذا المجهر إبرة دقيقة جدًّا. ويعطي هذا النوع من المجاهر صورة للخلية باستخدام مجسّ مجهري لفحص الخلية. إذ يدخل المجس الدقيق كإبرة قطرها 200 nm تقريبًا إلى الخلية دون إلحاق ضررٍ بغشائها. كما تساعد الإبرة الدقيقة العلماء على دراسة كيف تستجيب الخلية لعلاج جديد، أو كيف تختلف كيمياء خلية مريضة عن الخلية السليمة. هناك تطبيق آخر للإبرة الدقيقة يتم بإدخال سلاسل DNA مباشرة إلى نواة الخلية لفحص تقنية علاج جيني جديد لمعالجة الأمراض الوراثية.



تبين هذه الصورة المأخوذة بوساطة الحاسوب قطعة دقيقة جدًّا لها أذرع من رقائق حيوية. وتحتوي الرقائق الحيوية على مواد عضوية قد تكون قادرة على إصلاح الأضرار في الخلية العصبية يومًا ما.

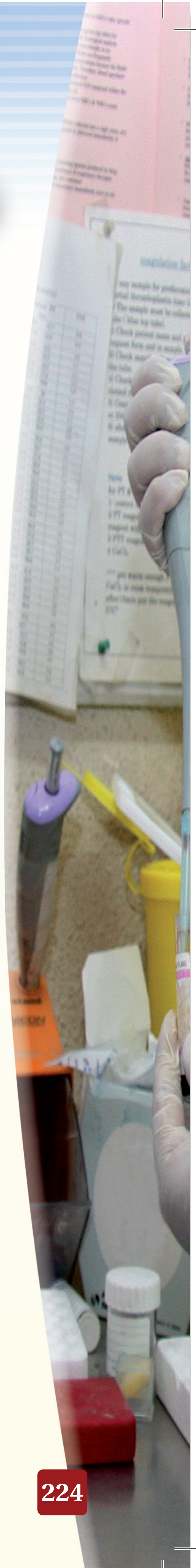
الليزر Lazers طوّر العلماء تقنية الليزر التي تسمح لهم بالتعامل مع أجزاء الخلية الداخلية أو علاجها دون إحداث ضرر بالغشاء الخلوي أو التراكيب الخلوية الأخرى. تخيل أن لك القدرة على القيام بجراحة دقيقة جدًّا على المستوى الخلوي.

وربما تكون تقنية النانو في المستقبل خط الدفاع الأول في معالجة السرطان، وربما تصبح أيضًا التقنية المعيارية لفحص أدوية جديدة أو العلاج المفضل المستخدم في العلاج الجيني.

الكتابة في علم الأحياء

مراجعة اكتب تلخيصًا حول استخدام تقنية النانو في الطب والرعاية الصحية، وصف فوائدها وتحدياتها، وتستطيع أن تُضمّن تقريرك عرضًا توضيحيًّا.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



مختبر الأحياء

استقصاء ميداني: ما المواد التي تنتقل خلال غشاء شبه منفذ؟

الخلفية النظرية: جميع الأغشية في الخلايا –ومنها الغشاء البلازمي والأغشية التي تحيط بالعضيات في الخلايا الحقيقية النواة– شبه منفذة. وفي هذه التجربة تفحص حركة بعض الجزيئات الحيوية المهمة عبر غشاء ديلزة مشابه للغشاء البلازمي. ولأن الغشاء ذو ثقوب، لذا فهو يسمح بنفاذ الجزيئات الصغيرة الحجم فقط.

سؤال: ما المواد التي تنتقل عبر غشاء الديلزة؟

المواد والأدوات

- أنابيب ديلزة من السيليلوز (2).
- دورق 400 mL (2).
- سلك.
- مقصات.
- ماء مقطر.
- صحن بلاستيكي صغير.
- محلول نشا.
- محلول البيومن.
- محلول جلوكوز.
- محلول NaCl.
- محلول يود (لفحص النشا).
- محلول بينيدكت اللامائي (للكشف عن الجلوكوز).
- محلول نترات الفضة (للكشف عن NaCl).
- كاشف بيورت (للكشف عن البيومن).
- مخبار مدرج سعته 10mL.
- أنابيب اختبار (2).
- حامل أنابيب.
- قمع.
- قلم شمعي.
- قطارة.

احتياطات السلامة

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات وفق تعليمات معلمك.
3. خذ قطعتين من أنابيب الديلزة ودورقين سعة كل منهما 400 mL، ومحلولين أعددتهما للفحص من قبل.
4. اكتب على الدوارق نوع المحلول الذي وضعته في أنبوب الديلزة.
5. حضّر مع زميلك أحد أنابيب الديلزة، واملأه بأحد المحاليل، واغسل الكيس من الخارج جيدًا، ثم ضع كيس الديلزة المملوء في دورق يحوي ماءً مقطرًا.
6. أعد الخطوة رقم 5 مستخدمًا المحلول الثاني.
7. بعد 45 دقيقة انقل بعض الماء من كل دورق في أنابيب اختبار.
8. أضف بضع قطرات من محاليل الاختبار المناسبة إلى الماء.
9. سجِّل نتائجك، وحدّد ما إذا كان توقعك صحيحًا. ثم قارن نتائجك بنتائج مجموعات أخرى من زملاء صفك، وسجل النتائج للمحلولين اللذين أعددتهما للفحص .
10. **التنظيف والتخلُّص من الفضلات.** اغسل جميع المواد، ثم أعدها إلى مكانها. وتخلص من المحاليل وأنابيب الديلزة التي استخدمت وفق إرشادات معلمك. اغسل يديك جيدًا بعد استخدام أي مادة كيميائية.

حلل ثم استنتج

1. **قوّم.** هل انتقلت جزيئات المحلول الذي فحصته عبر أنبوب الديلزة؟ فسّر إجابتك.
2. **التفكير الناقد.** ما خصائص الغشاء البلازمي التي تجعله ينظم حركة الجزيئات بدرجة أكبر من غشاء الديلزة؟
3. **تحليل الخطأ.** كيف يؤدي عدم غسل كيس الديلزة بالماء المقطر قبل وضعه في الدورق إلى اختبار موجب كاذب لوجود جزيئات مذابة؟ وما مصادر الخطأ الأخرى التي تؤدي إلى نتائج غير صحيحة؟

عرض الملصقات

تواصَلْ. يظهر مرض التليف الكيسي عندما يفتقر الغشاء البلازمي إلى وجود جزيء يساعد على نقل أيون الكلور. ابحث عن هذا المرض، ثم اعرض ما وجدته على صفك مستخدمًا الملصقات.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 8

دليل مراجعة الفصل

المطويات **اكتب** تقريرًا عن أهمية الأنزيمات في المخلوقات الحية، وفسّـــر أهمية وجودها في العديد من التفاعلات في الخلية.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
8–1 التراكيب الخلوية والعضيات	
الغشاء البلازمي العضيات النفاذية الاختيارية طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة البروتين الناقل النموذج الفسيفسائي السائل الهيكل الخلوي البلاستيدات الخضراء الجدار الخلوي الهدب السوط	**الفكرة الرئيسة** **يساعد الغشـــاء البلازمي على المحافظة على الاتزان الداخلي للخلية، كما تسمح العضيات الموجودة في الخلايا الحقيقية النواة بالقيام بوظائف متخصصة داخل الخلية.** • هناك نوعان رئيسان من الخلايا، هما الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة. • تحتوي الخلايا الحقيقية النواة على النواة والعضيات. • النفاذية الاختيارية خاصية الغشاء البلازمي التي تسمح للخلية بالسيطرة على ما يدخل إليها أو يخرج منها. • يتكون الغشاء البلازمي من طبقة مزدوجة من جزيئات الدهون المفسفرة. • يسهم الكولسترول والبروتينات الناقلة في وظيفة الغشاء البلازمي. • يصف النموذج الفسيفسائي السائل الغشاء البلازمي. • تحوي الخلايا الحقيقية النواة عضيات محاطة بغشـــاء في السيتوبلازم، تؤدي وظائف الخلية. • الرايبوسومات مواقع لبناء البروتين. • الميتوكندريا مصانع الطاقة في الخلية.
8–2 كيمياء الخلية	
الجزيئات الكبيرة البوليمر الحمض الأميني طاقة التنشيط المحفز الموقع النشط الحمض النووي النيوكليوتيدات	**الفكرة الرئيسة** **تتكون خلايا د الحية من مركبات عضوية يدخل في تركيبها الكربون بوصفه عنصرًا أساسيًّا.** • المركبات الكربونية جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية. • تتكـــون الجزيئـــات الحيوية الكبيرة بواســـطة ارتباط مركبات كربونيـــة صغيرة لتكوّن البوليمرات. • هناك أربعة أنواع من الجزيئات الحيوية الكبيرة. • تربط الرابطة الببتيدية الأحماض الأمينية معًا لتكوّن البروتين. • تكوّن سلاسل النيوكليوتيدات الأحماض النووية. • الإنزيمات محفِّزات حيوية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

8–1

مراجعة المفردات

استبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

1. النواة تركيب يحيط بالخلية ويساعد على ضبط ما يدخل إلى الخلية أو يخرج منها.
2. للخلية البدائية النواة عضيات محاطة بغشاء.
3. العضيات هي جزيئات البناء الأساسية في المخلوقات الحية.

أكمل الجمل الآتية مستخدمًا مفردات من دليل مراجعة الفصل:

4. ________ تعد الجزيء التركيبي الأساسي الذي يكوّن الغشاء البلازمي.
5. ________ بروتينات ضرورية لنقل المواد أو الفضلات خلال الغشاء البلازمي.
6. ________ الخاصية التي تسمح لبعض المواد فقط بالدخول إلى الخلية والخروج منها.

املأ الفراغ في الجمل الآتية بمصطلح من صفحة دليل مراجعة الفصل:

7. ________ تخزن الفضلات.
8. ________ تنتج رايبوسومات.
9. ________ تولد طاقة للخلية.
10. ________ توزع البروتينات في حويصلات.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

11. أيُّ التراكيب الآتية تتوقع أن تجد فيها الجدار الخلوي؟
a. خلية من جلد الإنسان.
b. خلية من شجر بلوط.
c. خلية دم من قطة.
d. خلية كبد من فأر.

استخدم الصورة الآتية في الإجابة عن السؤال 12.

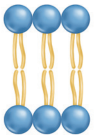
صورة ملونة بالمجهر الإلكتروني النافذ تكبير × 5000

12. ما نوع الخلية التي تظهر في الصورة أعلاه؟
a. الخلية البدائية النواة.
b. الخلية الحقيقية النواة.
c. الخلية الحيوانية.
d. الخلية النباتية.

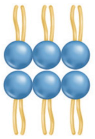
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

13. ما الترتيب الأفضل للدهون المفسفرة الذي يمثل طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة في الغشاء البلازمي؟

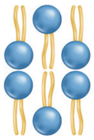
a.



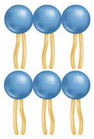
b.



c.



d.



14. ما الوضع الذي يزيد من سيولة طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة؟

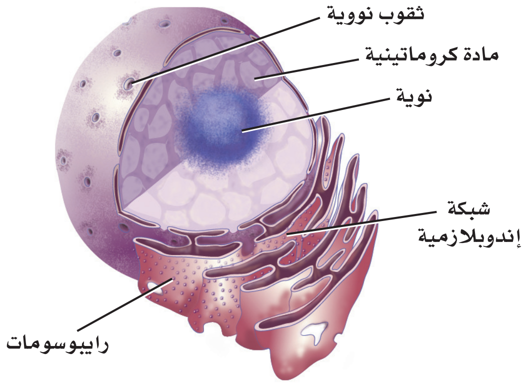
a. انخفاض درجة الحرارة.

b. زيادة عدد البروتينات.

c. زيادة عدد جزيئات الكولسترول.

d. زيادة عدد الأحماض الدهنية غير المشبعة.

استخدم المخطط أدناه في الإجابة عن السؤالين 15 و 16.



15. ما التركيب الذي يُصنّع البروتينات التي تستخدمها الخلية؟

a. المادة الكروماتينية. **c.** الرايبوسومات.

b. النوية. **d.** الثقوب النووية.

16. أين تنتج الرايبوسومات؟

a. الثقب النووي. **c.** المادة الكروماتينية.

b. النوية. **d.** الشبكة الإندوبلازمية.

أسئلة بنائية

17. **حلّل.** ربما تكون المادة الموجودة في نيزكٍ ما خلية. ما الصفات التي ينبغي وجودها في المادة حتى تُعدّ خلية؟

18. **إجابة قصيرة.** فسر كيف يحافظ الغشاء البلازمي على الاتزان الداخلي في الخلية؟

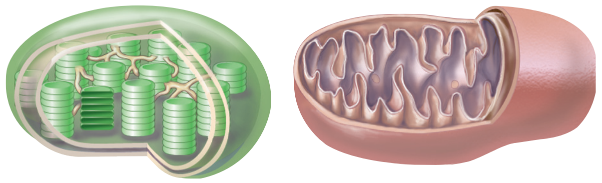
19. **نهاية مفتوحة.** فسر ما الفسيفساء؟ ولماذا يستخدم مصطلح "النموذج الفسيفسائي المائع" في وصف الغشاء البلازمي؟

20. **إجابة قصيرة.** كيف يسمح ترتيب الدهون المفسفرة في الطبقة المزدوجة للخلية بالتفاعل مع البيئة الداخلية والخارجية؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

21. **إجابة قصيرة.** صف لماذا يُعد الهيكل الخلوي في السيتوبلازم اكتشافًا حديثًا؟

22. **إجابة قصيرة.** قارن بين تركيب ووظيفة الميتوكندريا والبلاستيدة الخضراء في الرسم أدناه.



23. **نهاية مفتوحة.** اقترح سببًا يبين لماذا تتحد البروتينات المغلفة التي تم تجميعها في الفجوة مع الأجسام المحلّلة؟

التفكير الناقد

24. **إجابة قصيرة.** قارن بين الخلايا البدائية النواة والخلايا الحقيقية النواة.

25. **كوّن فرضية.** كيف تتأثر الخلية إذا فقد غشاؤها البلازمي القدرة على النفاذية الاختيارية؟

26. **توقّع.** ما الذي يحدث للخلية إذا لم تعد تستطيع إنتاج الكولسترول؟

27. **حدّد** مثالًا يساعد فيه جدار الخلية على بقاء النبات في بيئته الطبيعية.

28. **استنتج.** فسّر لماذا تحوي خلايا النبات التي تنقل الماء عكس اتجاه الجاذبية الأرضية ميتوكندريا أكثر مما تحوي الخلايا النباتية الأخرى؟

8-2

مراجعة المفردات

صل بين المصطلح في القائمة اليمنى مع ما يناسبه في القائمة اليسرى في كل مما يأتي:

29. طاقة التنشيط. — A. بروتين يزيد من سرعة التفاعل.

30. المادة المتفاعلة. — B. مواد تحوي روابط كيميائية جديدة.

31. الإنزيم. — C. الطاقة اللازمة لبدء التفاعل.

32. المادة الناتجة. — D. المادة التي ترتبط مع الإنزيم.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

33. أيٌّ مما يأتي مادة تقلل من طاقة التنشيط؟
   a. الأيون.
   b. المواد المتفاعلة.
   c. المحفز.
   d. مادة الإنزيم المتفاعلة.

34. ما العناصر التي توجد في الأحماض الأمينية؟
   a. النيتروجين والكبريت.
   b. الكربون والأكسجين.
   c. الهيدروجين والفوسفور.
   d. الكبريت والأكسجين.

35. ما الذي يربط الأحماض الأمينية بعضها مع بعض؟
   a. الروابط الببتيدية.
   b. الروابط الهيدروجينية.
   c. قوى ڤان درڤال.
   d. الروابط الأيونية.

36. ما المادة التي لا تعد جزءًا من النيوكليوتيدات؟
   a. الفوسفات.
   b. القاعدة النيتروجينية.
   c. السكر.
   d. الماء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

8 تقويم الفصل

أسئلة بنائية

37. **إجابة قصيرة.** ما خصائص الإنزيمات؟

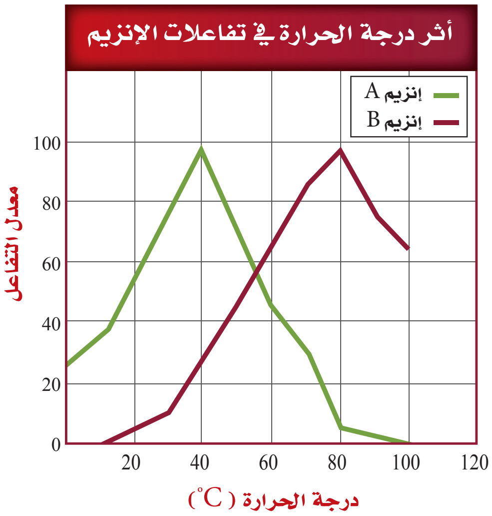
38. **نهاية مفتوحة.** حدّد ثم صف العوامل التي تؤثر في نشاط الإنزيمات.

39. **نهاية مفتوحة.** لماذا تحتوي الخلايا على الجزيئات الكبيرة والمركبات الكربونية الصغيرة معًا؟

40. **نهاية مفتوحة.** لماذا لا يستطيع الإنسان هضم جميع أنواع الكربوهيدرات؟

التفكير الناقد

استعمل الرسم البياني الآتي في الإجابة عن السؤالين 41 و 42.



41. **صف** أثر درجة الحرارة في معدل التفاعلات مستعملًا المخطط أعلاه.

42. **استنتج.** أيّ الإنزيمات أكثر نشاطًا في خلية إنسان؟ ولماذا؟

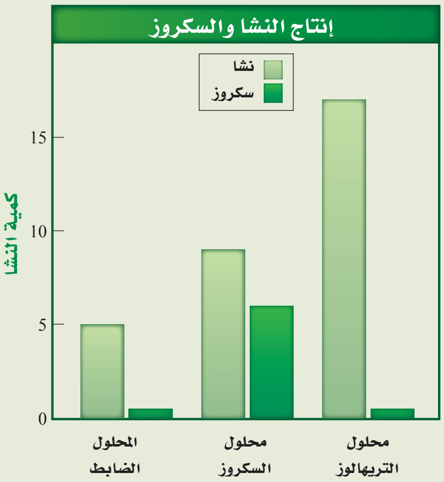
43. **اعمل.** ارسم جدولًا يضم الجزيئات الحيوية الأربعة الكبيرة مضمنًا الجدول تركيبها ووظيفة كل منها.

تقويم إضافي

44. **الكتابة في علم الأحياء** اكتب مقالة تصف فيها وظائف خمس عضيات في الخلية على الأقل.

أسئلة المستندات

يعد النشا المخزن الرئيس للكربون في النباتات. أجريت تجارب لتحديد ما إذا كان لسكر تريهالوز Trehalose دور في تنظيم إنتاج النشا في النباتات؛ حيث قُطعت أوراق نباتات في صورة أقراص، ووضعت في حاضنة مدة 3 ساعات في محلول السربتول (المجموعة الضابطة)، والسكروز (سكر المائدة)، والتريهالوز. ثم تم قياس مستويات النشا والسكروز في الأوراق. استخدم البيانات في المخطط أدناه للإجابة عن الأسئلة التي تليه:



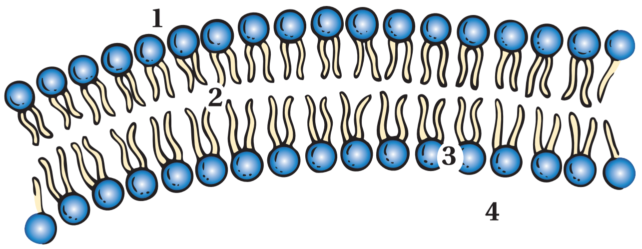
45. لخّص معدل إنتاج النشا والسكروز في المحاليل الثلاثة.

46. ما الاستنتاجات التي توصل إليها الباحثون بناءً على هذه البيانات؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

أسئلة الاختيار من متعدد

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 1 و2.



1. أيّ الأرقام يمثّـــل الموقع الذي تتوقع فيه وجود مواد غير ذائبة في الماء؟
   a. 1
   b. 2
   c. 3
   d. 4

2. مـــا أثر وجود جزيئـــات مرتبة من الدهون المفســـفرة القطبية وغير القطبية بالنمط المبين في الشكل أعلاه؟
   a. تســـمح بتحرك البروتينات الناقلة بســـهولة خلال الغشاء.
   b. تسيطر على حركة المواد عبر الغشاء.
   c. تســـاعد الخلية علـــى الحفاظ علـــى خصائصها الشكلية.
   d. تكوّن فراغات كثيرة داخل طبقة الدهون المفسفرة المزدوجة.

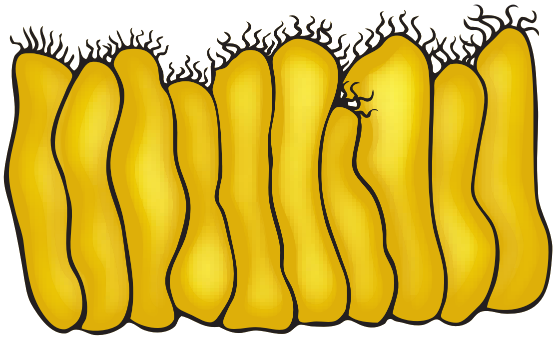
استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤالين 3 و4.

3. أيّ الجزيئات الكبيرة لها تركيب يشبه الشكل السابق؟
   a. كربوهيدرات.
   b. دهون.
   c. نيوكليوتيد.
   d. بروتين.

4. أيّ وظائف الجزيئات تحتاج إلى انثناءات في أشكالها؟
   a. سلوك مركب غير قطبي.
   b. عندما تؤدي وظيفة الموقع النشط.
   c. الانتقال عبر الغشاء البلازمي.
   d. عندما تؤدي وظيفة تخزين طاقة الخلية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 5.



5. البروزات التي تخرج من التركيب أعلاه هي:

a. الأهداب.
b. الأسواط.
c. الأنيبيبات الدقيقة.
d. الخملات المعوية.

6. ما الذي يسهم في النفاذية الاختيارية للغشاء الخلوي؟

a. الكربوهيدرات.
b. الأيونات.
c. الأملاح المعدنية.
d. البروتينات.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 7.

7. ما دور الرقم (1) في نشاط الإنزيم؟

a. يؤدي إلى حدوث التفاعل ببطء أكبر.
b. يوفر المزيد من المواد المتفاعلة.
c. يوفر بقعة فريدة من أجل ارتباط المادة المتفاعلة.
d. يرفع طاقة تنشيط التفاعل.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات القصيرة

8. استـــخدم المخطط التنظيمي في تنظيم المعلومات التي تتعلق بعضيات الخلية وصنع البروتين. وفي كل خطوة حلّل دور كل عضية في صنع البروتين.

9. قارن بين وظائف كل من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والأحماض النووية.

10. ماذا يحدث إذا لم يكن الغشاء البلازمي شبه منفذ؟

11. لمـــاذا تعد عملية ارتباط الإنزيمات مع مادتها المتفاعلة الخاصة بها مهمًّا جدًّا؟

12. اذكر ثلاثة مكونات لغشـــاء الخلية البلازمي، ثم وضِّح لماذا تعد كل منها مهمة في وظائف الخلية؟

13. قارن بيـــن تركيب الجـــدار الخلوي وتركيب الغشـــاء البلازمي.

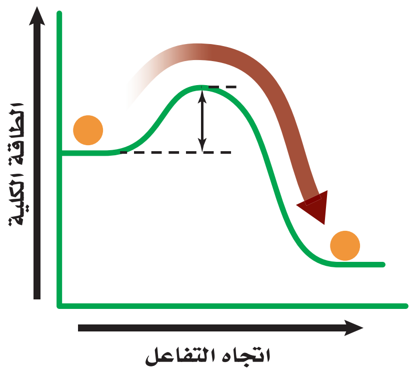
14. اذكر ثلاثة مكوّنات في الخلية، ووضح أهمية كل مكوّن لوظائفها.

أسئلة الإجابات المفتوحة

15. صف وظيفة الأنيبيـــات الدقيقة، ثم توقع ما يحدث إذا لم تحوِ الخلية الأنيبيات الدقيقة.

16. رغم أن البلاســـتيدات الخضراء والميتوكندريا تؤديان وظائف مختلفة، إلا أن تركيبيهما متشـــابهان، اربط بين تركيبيهما المتشابهين ووظائفها.

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. يبيّن الرسم تأثير إنزيم معين يتدخل في تحليل البروتينات في الجهاز الهضمي. وضح فيم يختلف هضم البروتين عند الشخص الذي ليس لديه هذا الإنزيم؟

18. مـــا العضية التي تتوقع أن وجودهـــا بأعداد كبيرة داخل الخلايا التي تضخ حمض المعدة إلى خارج المعدة ضد فرق التركيز؟ وضّح إجابتك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

سؤال مقالي

يوجد في المخلوقات الحية الكثير من الجزيئات التي تتكون من ترابط وحدات صغيرة (مونومر) بعضها مع بعض في تسلسل مختلف، أو في أنماط مختلفة. فعلى سبيل المثال، تستخدم المخلوقات الحية عددًا قليلًا من النيوكليوتيدات لبناء الأحماض النووية. ويوفر وجود آلاف النيوكليوتيدات المتسلسلة المختلفة في الأحماض النووية الشفرة الأساسية للمعلومات الوراثية في المخلوقات الحية.

استخدم المعلومات الواردة في الفقرة أعلاه في الإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

19. صف كيف تعد عملية استخدام الوحدات الأساسية (المونومر) مهمة لبناء جزيئات كبيرة معقدة في المخلوقات الحية.

توجد العضيات نفسها في العديد من أنواع الخلايا المختلفة في جسم الحيوان. وعلى الرغم من ذلك، هناك اختلافات في عدد العضيات الموجودة؛ بناءً على وظيفة الخلايا المختلفة. فمثلاً تحتوي الخلايا التي تتطلب كمية كبيرة من الطاقة لأداء وظيفتها على أعداد أكبر من الميتوكندريا.

استخدم المعلومات الواردة في النص أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال.

20. كيف يختلف نوعان من الخلايا الحيوانية من حيث نوع العضيات التي يحتويان عليها؟ اكتب فرضية حول الفروق الخلوية بين نوعين من الخلايا الحيوانية، ثم صمّم تجربة لاختبار فرضيتك.

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1
الدرس / الفصل	8–1	8–1	8–2	8–2	8–1	8–1	8–2	8–1	8–2	8–1	8–2	8–1	8–1	8–1	8–1	8–1	8–2	8–1	8–2	8–1
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

الفصل 9

الطاقة الخلوية
Cellular Energy

الفكرة العامة تُحوّل عملية البناء الضوئي الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية، في حين يستعمل التنفس الخلوي الطاقة الكيميائية لإتمام الوظائف الحيوية.

1–9 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

الفكرة الرئيسة تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

2–9 البناء الضوئي

الفكرة الرئيسة تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.

3–9 التنفس الخلوي

الفكرة الرئيسة تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

حقائق في علم الأحياء

- تأكل الأغنام أنواعًا مختلفة من الأعشاب للحصول على الجلوكوز الذي يعد مصدرًا للطاقة.
- الأعشاب لونها أخضر لأنها تحتوي على الكلوروفيل، وهو صبغة موجودة في البلاستيدات الخضراء.
- قد يستهلك عدّاؤو الماراثون 4.5 g من الجلوكوز كل دقيقة لتزويد عضلاتهم بالطاقة.

نشاطات تمهيدية

تجربة استهلالية

كيف تتحول الطاقة؟

يسيطر على تدفق الطاقة في الأنظمة البيئية الحيوية تفاعلاتٌ وعمليات كيميائية متنوعة. تتحول الطاقة من طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية، ثم إلى أشكال أخرى من الطاقة. ستلاحظ في هذه التجربة عمليتين مرتبطتين مع تحولات الطاقة.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. استخدم **مخبارًا مدرجًا** لقياس 100 mL من الماء، ثم ضعها في **كأس زجاجية** سعتها 250 mL. استعمل **مقياس الحرارة** لتُسجل درجة حرارة الماء.
3. زن 40 g من مادة **كلوريد الكالسيوم اللامائي** ($CaCl_2$). استخدم **ساق تحريك زجاجية** لإذابة كلوريد الكالسيوم في الماء. ثم سجل درجة حرارة المحلول كل 15 ثانية مدة ثلاث دقائق.
4. كرّر الخطوتين 2 و3 باستخدام 40 g من **ملح إبسوم (كبريتات الماغنسيوم المائية** MgSO4) بدلاً من $CaCl_2$.
5. مثِّل بياناتك بالرسم البياني مستخدمًا ألوانًا مختلفة لكل عملية.

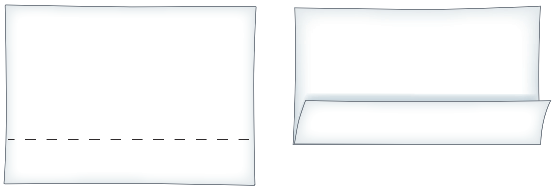
التحليل

1. **صِف** الرسم البياني للبيانات التي جمعتها.
2. **توقّع** ما تحولات الطاقة التي حدثت في العمليتين؟

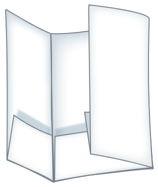
المطويات منظمات الأفكار

مراحل التنفس الخلوي اعمل المطوية الآتية لتساعدك على فهم آلية حصول المخلوقات الحية على طاقتها من المواد المغذية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

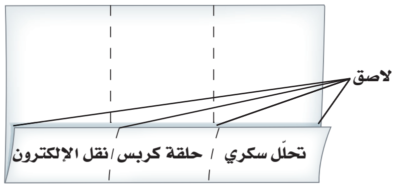
الخطوة 1: اثنِ لسانًا عرضه 5.5 cm على طول ورقة كما في الشكل الآتي:



الخطوة 2: اثنِ الورقة لتكوّن ثلاثة أجزاء كما في الشكل الآتي:



الخطوة 3: ثبّت الحواف الخارجية للألسنة باستخدام الصمغ أو الدباسة لتكوِّن مطوية في صورة كتيب من ثلاثة جيوب، ثمَّ عنون الجيوب كما في الشكل. استخدم بطاقات صغيرة لتسجيل المعلومات، ثم ضعها في الجيب (المحفظة) المناسب.



المطويات **استعمل هذه المطوية في القسم 3-9.** سجل - وأنت تقرأ الدرس - ما تعلمته حول مراحل التنفس الخلوي الآتية: التحلل السكري، حلقة كربس، نقل الإلكترون.

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

9-1

الأهداف

- **تلخّص** قانوني الديناميكا الحرارية.
- **تقارن** بين المخلوقات ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي.
- **تصف** آلية عمل جـزيء الطاقة ATP في الخلية.

مراجعة المفردات

المستوى الغذائي: كل خطـوة في السلسـلة الغذائية أو الشبكة الغذائية.

المفردات الجديدة

الطاقة
الديناميكا الحرارية
عملية الأيض
التنفس الخلوي
أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP

كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟

How Organisms Obtain Energy?

الفكرة الرئيسة تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.

الربط مع الحياة يطلق على بعض المدن أحياناً "مدينة لا تنام"؛ لعدم توقف الحركة فيها. وهي في ذلك تشبه الخلايا الحيَّة التي تقوم بنشاطات مستمرة وثابتة.

تحوّلات الطاقة Energy Transformations

معظم التفاعلات والعمليات الكيميائية في خلايا الجســم مستمرة، حتى لو ظننت أنك لا تسـتهلك أي طاقة. فالجزيئــات الكبيرة تُبنى وتتحلـل، وتنقل المواد عبر الغشـاء الخلوي، وكذلك تنقل المعلومات الوراثية. هذه الأنشطة الخلوية جميعها تحتاج إلـى **الطاقة** energy، وهي القدرة على إنجاز شـغل. ويبين **الشـكل 1–9** بعض المحطات الرئيسـة في دراسـة الطاقة الخلويـة. أما **الديناميـكا الحرارية** thermodynamics فهي دراسة تدفُّق الطاقة وتحوُّلها في الكون.

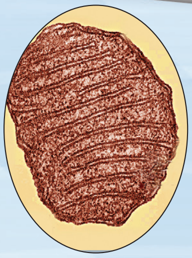
قوانيـن الديناميكا الحرارية Laws of Thermodynamics يُسمى القانون الأول في الديناميكا الحرارية قانون حفـظ الطاقة، وينص على أن الطاقة يمكن أن تتحوَّل من شـكل إلى آخر، ولكن لا يمكن أن تفنى أو تُسـتحدث إلا بمشيئة الله سـبحانه وتعالى. فمثلاً تتحول الطاقة المخزنة في المواد المغذية إلى طاقة كيميائية عندما تأكل، وتتحول إلى طاقة ميكانيكية عندما تركض أو تركل الكرة.

الشكل 1–9

فهم الطاقة الخلوية

أدت الاكتشـافات العلمية إلى فهم أكـبر لعملية البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

1948م اكتشف يوجين كينيدي وألـبرت لينينجر أن الميتوكندريا مسؤولة عن التنفس الخلوي.



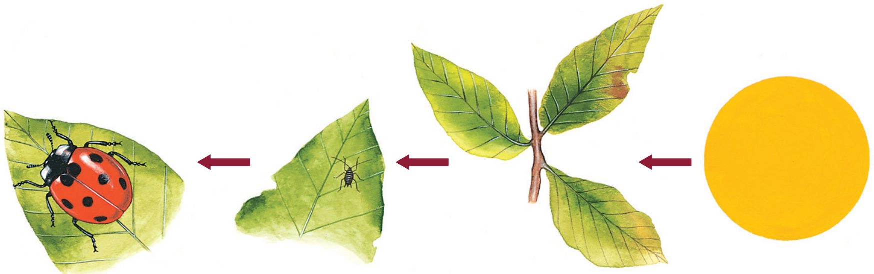
1844م هيوجــو ڤون مول أول من لاحظ وجود البلاســتيدات الخضراء في الخلايا النباتية.

1940 — 1900 — 1800

1881–1882م تظهر البلاستيدات الخضراء على أنها عضيات مسؤولة عن عملية البناء الضوئي.

1772م تمكّـن جوزف بريسـتلي من تحديد أن النباتات تأخذ ثاني أكسـيد الكربون وتطلق الأكسجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ الشكل 2–9 سخر الله جلَّ وعلا الشمس لتكون المصدر الرئيس لمعظم الطاقة في المخلوقات الحية، وتنتقل الطاقة من المخلوقات الذاتية التغذي إلى المخلوقات غير الذاتية التغذي.

اربط بين قانوني الديناميكا الحرارية والمخلوقات الحية في الشكل.

ينص القانون الثاني في الديناميكا الحرارية على حدوث فقدان في الطاقة عند تحولها من شكل إلى آخر . وعمومًا، فإن الطاقة التي تُفقد أو تضيع ، تتحول إلى طاقة حرارية. وتعد السلسلة الغذائية مثالًا واضحًا على القانون الثاني للديناميكا الحرارية. ومن المعروف أن كمية الطاقة القابلة للاستخدام والمتوافرة في المستوى الغذائي الأعلى تتناقص على نحوٍ مستمر في السلسلة الغذائية.

المفردات

أصل الكلمة

ذاتي التغذي Autotroph

من الكلمة اليونانية *Autotrophos*، وتعني "بناء المخلوق الحي غذاءه بنفسه"

ذاتية التغذي وغير ذاتية التغذي Autotrophs and Heterotrophs

خلق الله سبحانه وتعالى المخلوقات ذاتية التغذي لكي تكون قادرة على صنع غذائها بنفسها. فبعض ذاتية التغذي – التي تُسمى ذاتية التغذي كيميائية– تستخدم المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين مصدرًا للطاقة. أما بعضها الآخر– ومنها النباتات، كما في **الشكل 2–9** –فتسمى المخلوقات ذاتية التغذي ضوئية؛ لأنها تقوم بتحويل الطاقة الضوئية من الشمس إلى طاقة كيميائية. أما المخلوقات غير الذاتية التغذي مثل حشرة المن والدعسوقة في **الشكل 2–9**، فهي مخلوقات حية تحتاج إلى ابتلاع الطعام وهضمه للحصول على الطاقة.

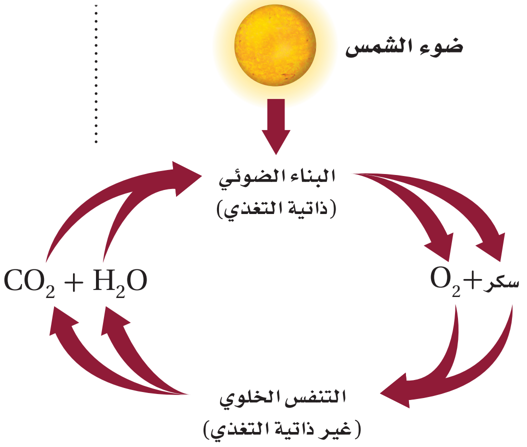
1980م اكتشفت جيمي ميكيل في أثناء دراستها الميتوكندريا في ذبابة الفاكهة والفئران أن توقف الميتوكندريا عن العمل يسبب الهرم.

2002م اقترحت جوزفين موديكا– نابوليتانو أن الاختلافات بين الميتوكوندريا السليمة والسرطانية قد تؤدي إلى الكشف المبكر عن السرطان، وربما إلى علاجات جديدة له.

1960 — 1980 — 2000

1993م اكتشفت مستحاثات (أحافير) تدل على أن بعض الخلايا البدائية تقوم بعملية البناء الضوئي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 3–9** في النظام البيئي، يكوّن البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة مستمرة.
حدد مسارات الهدم والبناء في الشكل.

عملية الأيض Metabolism

يُشار إلى جميع التفاعلات الكيميائية في الخلية بعملية تسمى **عملية الأيض** metabolism. وتُسمى سلسلة التفاعلات الكيميائية التي تعد المادة الناتجة عن أحد تفاعلاتها مادةً متفاعلة للتفاعل التالي مسارَ الأيض. ومسارات الأيض نوعان: مسارات الهدم، ومسارات البناء. ففي مسار الهدم تتحرر الطاقة نتيجة تحليل الجزيئات الكبيرة إلى جزيئات صغيرة. أما مسار البناء فيستخدم الطاقة الناتجة عن مسار الهدم في بناء جزيئات كبيرة من جزيئات صغيرة. وينتج عن العلاقة بين مسارات الهدم والبناء تدفُّق مستمر للطاقة في المخلوق الحي.

تنتقل الطاقة باستمرار بين عمليات الأيض داخل المخلوقات الحية في النظام البيئي. فعلى سبيل المثال تعد عملية البناء الضوئي photosynthesis مسار بناء؛ حيث تتحول طاقة الشمس الضوئية إلى طاقة كيميائية تستخدمها الخلية. وفي هذا التفاعل تستخدم المخلوقات الحية الذاتية التغذي طاقة الضوء من الشمس وثاني أكسيد الكربون والماء لتكوّن سكر الجلوكوز والأكسجين. وكما يبين **الشكل 3–9**، يمكن للطاقة المخزنة بين جزيئات سكر الجلوكوز الناتج عن عملية البناء الضوئي أن تنتقل إلى مخلوقات حية أخرى عند استهلاك هذه الجزيئات في صورة غذاء.

تجربة استهلالية

مراجعة بناءً على ما قرأته عن تحولات الطاقة، كيف تجيب الآن عن أسئلة التحليل؟

تجربة 1 - 9

ربط البناء الضوئي بالتنفس الخلوي

كيف يعمل البناء الضوئي والتنفس الخلوي معًا في النظام البيئي؟ استخدم كاشفًا كيميائيًّا لاختبار انتقال ثاني أكسيد الكربون خلال عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. اعمل جدول بيانات لتُسجل محتويات أنبوبي اختبار، وظروف التعامل مع كل منهما، واللون في البداية واللون النهائي لمحتوياتهما بعد التفاعل.
3. أضف 100 mL من **محلول بروموثيمول الأزرق (BTB)** إلى **كأس زجاجية** باستخدام **ماصة**، انفخ في المحلول برفق إلى أن يتحول إلى اللون الأصفر.

تحذير: لا تنفخ بقوة حتى لا تخرج الفقاقيع من المحلول، أو تُصاب بالصداع، وإياك وشفط المحلول بالماصة.

4. املأ ¾ **أنبوبي اختبار** كبيرين بمحلول BTB الأصفر الناتج من الخطوة **3**.
5. غطِّ أحد الأنبوبين **بورق الألومنيوم**، ثم ضع **نباتًا مائيًّا** طوله 6 cm في كلا الأنبوبين. **وأغلقهما** بإحكام، ثم ضعهما في **حامل أنابيب** في ضوء خافت طوال الليل.
6. سجل ملاحظاتك في جدول البيانات الناتج عن الخطوة 3.

التحليل

1. **استنتج** الهدف من تغطية الأنبوب بورق الألومنيوم.
2. **فسّر** كيف توضح نتائجك اعتماد البناء الضوئي والتنفس الخلوي أحدهما على الآخر؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

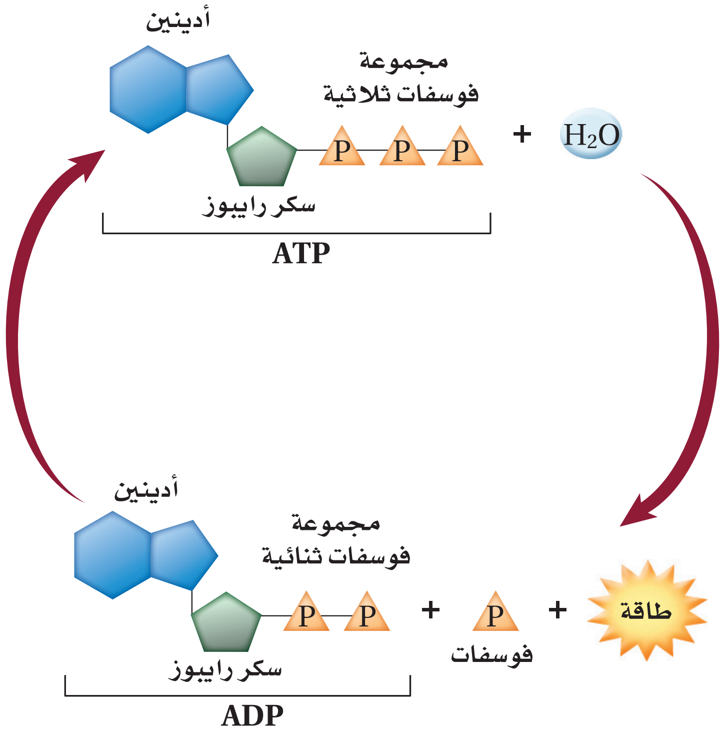
يعــد **التنفس الخلــوي** cellular respiration مســار هدم تتحلــل فيه المواد العضوية لتُحرر الطاقة اللازمة للخلية. حيث يُســتخدم الأكســجين في التنفس الخلوي لتحليل المواد العضوية، فينتج عنها ثاني أكسيد الكربون والماء. لاحظ الدورات الطبيعية لهذه العمليات في **الشكل 3–9**؛ حيث تعد المواد الناتجة عن أحد التفاعلات مواد متفاعلة للتفاعل الآخر.

ATP: وحدة الطاقة الخلوية ATP: The Unit of Cellular Energy

الربط مع الكيمياء توجد الطاقة في أشكال عدة، منها: الطاقة الضوئية، والطاقة الميكانيكية، والطاقــة الحراريــة، والطاقة الكيميائية. ففي المخلوقات الحية يتم تخزين الطاقة الكيميائية داخل الجزيئات الحيوية، ويمكن تحويلها إلى أشكال أخرى من الطاقــة عند الحاجة. فمثــلاً تتحول الطاقة الكيميائيــة المخزنة في الجزيئات الحيوية إلى طاقة ميكانيكية عند انقباض العضلات.

ويعد جزيء الطاقة **أدينوســين ثلاثي الفوسفات** – Adenosine triphosphate ATP من أهم الجزيئات الحيوية التي تزود الخلايا بالطاقة الكيميائية.

تركيب جزيء الطاقة ATP structure يعد جزيء (ATP) مخزنًا للطاقة الكيميائية التي تســتخدمها الخلايا في التفاعــلات المتنوعة. وعلى الرغم من وجــود جزيئات ناقلة أخرى للطاقة خلال الخلايــا، فإن جزيء (ATP) يعد من الجزيئات الناقلة الأكثر انتشــارًا في خلايا جميع أنواع المخلوقات الحية. وكما يبين **الشــكل 4–9** فإن جــزيء (ATP) عبارة عن نيوكليوتيــد يتكون من قاعدة نيتروجينية هي: الأدينين، وسكر الرايبوز، وثلاث مجموعات من الفوسفات.



الشــكل 4–9 ينتج عــن تحلل جزيء ATP طاقــة تدعــم الأنشــطة الخلويــة في المخلوقات الحية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وظيفة جزيء الطاقة ATP function يُحرر جزيء (ATP) الطاقة عندما تتكسر الرابطة بين مجموعة الفوسفات الثانية والثالثة، مكوّنًا جزيئًا يُسمى أدينوسين ثنائي الفوسفات (ADP) ومجموعة فوسفات حرّة، **الشكل 4-9**. تُختزن الطاقة في الرابطة الفوسفاتية التي تتشكل عندما يرتبط جزيء (ADP) مع مجموعة فوسفات أخرى ليتكوّن جزيء (ATP). ويمكن أن تتحول جزيئات (ATP) و(ADP) بإضافة أو حذف مجموعة فوسفات، كما في **الشكل 4-9**، وفي بعض الأحيان يتحول جزيء ADP إلى جزيء أدينوسين أحادي الفوسفات (AMP) بفقد مجموعة فوسفات إضافية، والطاقة المتحررة بفعل هذا التفاعل قليلة جدًّا؛ لذا فإن معظم تفاعلات الطاقة في الخلية تتضمن جزيئات ATP وADP.

التقويم 1-9

الخلاصة

- تسيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية.
- تصنّع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله.
- تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء.
- الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **حدّد** المصدر الرئيس للطاقة في المخلوقات الحيّة.
2. **اشرح** قانون الديناميكا الحرارية الأول.
3. **قارن** بين مساري البناء والهدم.
4. **فسِّر** كيف يُخزن جزيء ATP الطاقة، ويحررها؟

التفكير الناقد

5. الكتابة في علم الأحياء **اكتب** مقالة تصف فيها قوانين الديناميكا الحرارية مستخدمًا أمثلة من علم الأحياء في دعم أفكارك.
6. **استخدم التشابه** لتوضيح العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

9-2

البناء الضوئي Photosynthesis

الأهداف

- **تلخص** مرحلتي عملية البناء الضوئي.
- **توضح** وظيفة البلاستيدة الخضراء في أثناء التفاعلات الضوئية.
- **تصف** عملية نقل الإلكترونات وترسمها.

مراجعة المفردات

الكربوهيدرات: مركبات عضوية تحوي الكربون، والهيدروجين والأكسجين فقط بنسب (1:2:1) بالترتيب.

المفردات الجديدة

الثايلاكويد
الغرانا
الحشوة (اللُّحمة)
الصبغة
حلقة كالفن
إنزيم روبيسكو

الفكرة الرئيسة تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.

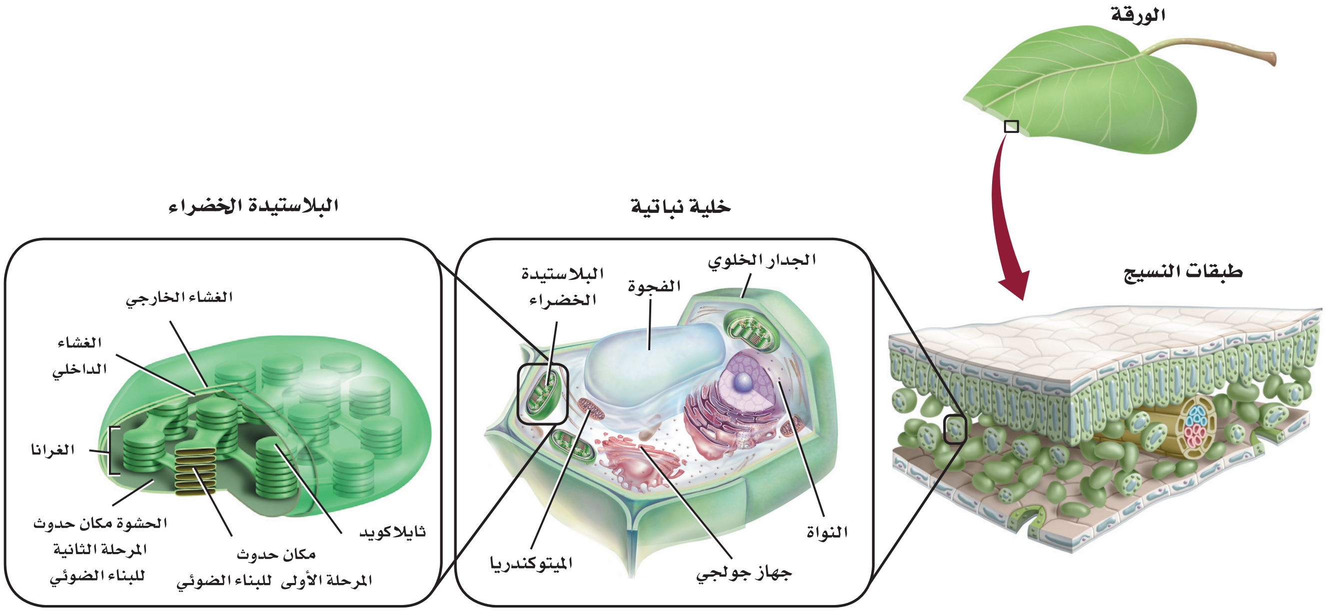
الربط مع الحياة تتحول الطاقة من حولنا كل يوم. حيث تحوّل البطاريات الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، ويحول الراديو الطاقة الكهربائية إلى طاقة تحملها الموجات الصوتية. وبطريقة مشابهة تحول بعض المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقةَ الضوئيةَ إلى طاقة كيميائية من خلال عملية البناء الضوئي.

عملية البناء الضوئي Photosynthesis

معظم المخلوقات الذاتية التغذي، ومنها النباتات، قادرة على صنع المركبات العضوية مثل السكر بعملية البناء الضوئي. وتتحول الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي إلى طاقة كيميائية. والمعادلة الكيميائية الآتية تمثل عملية البناء الضوئي:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{الكلوروفيل}]{\text{ضوء}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

تحدث عملية البناء الضوئي في مرحلتين؛ في المرحلة الأولى تحدث التفاعلات التي تعتمد على الضوء (التفاعلات الضوئية)، حيث يتم امتصاص الطاقة الضوئية وتحويلها إلى طاقة كيميائية على شكل ATP و NADPH. أما في المرحلة الثانية فهي التفاعلات التي تحدث في الضوء ولكن لا تعتمد عليه (التفاعلات اللاضوئية) وتسمى حلقة كالفن، بحيث يتم استخدام جزيئات ATP و NADPH التي تكوّنت في المرحلة الأولى لإنتاج الجلوكوز. وعندما ينتج الجلوكوز يتحد مع جزيئات سكريات بسيطة أخرى لتكوين جزيئات أكبر، وهذه الجزيئات هي كربوهيدرات معقدة مثل النشا. وقد يُستخدم الناتج النهائي لعملية البناء الضوئي في بناء جزيئات عضوية أخرى مثل البروتينات والدهون والأحماض النووية.



■ **الشكل 5–9** تحدث عملية البناء الضوئي داخل عضيات صبغية تسمى البلاستيدات الخضراء.

المرحلة الأولى: التفاعلات الضوئية Phase one: Light Reactions

يُعد امتصاص الضوء الخطوة الأولى في عملية البناء الضوئي؛ حيث تحتوي النباتات على عضيات خاصة تمتص الطاقة الضوئية. وبعد امتصاص الطاقة يتم إنتاج جزيئات تخزن الطاقة، هي NADPH وATP؛ لاستخدامهما في التفاعلات التي لا تعتمد على الضوء (اللاضوئية).

البلاستيدات الخضراء Chloroplasts عضيات كبيرة تمتص الطاقة الضوئية في المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي. وتوجد البلاستيدات الخضراء في النباتات بشكل رئيس في خلايا الأوراق. والبلاستيدات كما في **الشكل 5–9**، عضيات تشبه القرص، وتحتوي على جزأين ضروريين لعملية البناء الضوئي. يسمى الجزء الأول **ثايلاكويدات** thylakoids، وهي مجموعة من الأغشية المُسطحة تشبه الكيس، تترتب في رزم متراصة تسمى **الغرانا** grana. وتحدث التفاعلات الضوئية في الثايلاكويدات. أما الجزء الثاني المهم فيسمى **الحشوة (اللُّحمة)** stroma، وهي سائل يملأ الفراغات المحيطة بالغرانا، وتعد مكان حدوث التفاعلات اللاضوئية في المرحلة الثانية من عملية البناء الضوئي، انظر **الشكل 5–9**.

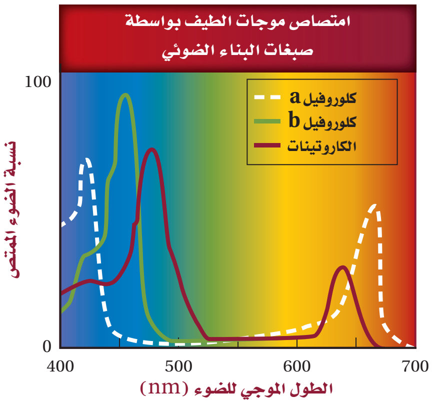
ماذا قرأت؟ ميز بين الثايلاكويد والحشوة (اللُّحمة).

الأصباغ Pigments تسمى الجزيئات الملونة التي تمتص الضوء **الأصباغ** pigments، وتوجد في أغشية الثايلاكويد في البلاستيدات الخضراء. وتمتص الأصباغ المختلفة أطوالًا موجية محددة من الضوء، **الشكل 6–9**. والصبغة الأساسية في النباتات هي الكلوروفيل، وهناك أنواع من صبغة الكلوروفيل، ومن أهمها الكلوروفيل (a) والكلوروفيل (b).

يختلف تركيب الكلوروفيل من جزيء إلى آخر، مما يسمح لجزيئات الكلوروفيل بامتصاص الضوء عند مناطق محددة من طيف امتصاص الضوء المرئي.

■ **الشكل 6–9** تختلف الأصباغ الملونة التي توجد في أوراق الأشجار في قدرتها على امتصاص أطوال موجية محددة من الضوء.

كوّن فرضية إذا لم يحتوِ النبات على كلوروفيل b، فما أثر ذلك في امتصاص الضوء؟



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وعمومًا يزداد معدل امتصاص الضوء بواسطة الكلوروفيل في منطقة الطيف المحصورة بين الأزرق والبنفسجي من طيف الضوء المرئي، ويعكس الضوء في المنطقة الخضراء من الطيف. وهذا يفسر سبب رؤية الإنسان لأجزاء النبات التي تحوي الكلوروفيل باللون الأخضر.

تحوي معظم المخلوقات الحية التي تقوم بعملية البناء الضوئي أصباغًا إضافية بالإضافة إلى الكلوروفيل، تسمح للنباتات بامتصاص طاقة ضوئية إضافية من مناطق أخرى من الطيف المرئي. ومن هذه الأصباغ مجموعة أصباغ الكاروتينات، ومنها صبغة β كاروتين (بيتا- كاروتين) التي تمتص الضوء في المناطق الزرقاء والخضراء من الطيف، في حين تعكس أغلب الضوء في المناطق الصفراء والبرتقالية والحمراء، **الشكل 7–9**. وتعد أصباغ الكاروتين المسؤولة عن ألوان كل من الجزر والبطاطا الحلوة. تعد صبغة الكلوروفيل في الأوراق أكثر شيوعًا ووفرة من الأصباغ الأخرى، لذلك فهي تطغى عليها، وتمنع ظهور ألوان الأصباغ الأخرى. ومع ذلك يمكن أن يظهر اللون الأصفر والأحمر والبرتقالي في الأوراق في فصل الخريف نتيجة تحلل جزيئات الكلوروفيل، مما يسمح بظهور ألوان الصبغات الأخرى.

نقل الإلكترون Electron Transport يُشكِّل تركيب غشاء الثايلاكويد الأساس في الانتقال الفعال للطاقة في أثناء نقل الإلكترون؛ حيث يتميز غشاء الثايلاكويد بمساحة سطح كبيرة، مما يوفر المساحة اللازمة للاحتفاظ بأعداد كبيرة من الجزيئات الناقلة للإلكترون، وكذلك وجود نوعين من البروتينات المعقدة التي تسمى الأنظمة الضوئية.

الشكل 7–9 عندما يتحلل الكلوروفيل في أوراق بعض الأشجار، تصبح الأصباغ الأخرى أكثر وضوحًا.

المفردات

مفردات أكاديمية

النقل Transport

هو حمل شيء من مكان إلى آخر.

وتنقل جزيئات $NADP^+$ الإلكترونات في أثناء عملية البناء الضوئي.

تجربة 2 - 9

ملاحظة البلاستيدات الخضراء

كيف تبدو البلاستيدات الخضراء؟ تعتمد معظم الأنظمة البيئية والمخلوقات الحية في العالم على عُضيات صغيرة جدًّا تسمى البلاستيدات الخضراء. اكتشف كيف تبدو البلاستيدات الخضراء في هذا الاستقصاء؟

خطوات العمل

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. لاحظ شرائح خلايا نباتية وأخرى **للطحالب الخضراء بالمجهر المركب**.
3. حدد البلاستيدات الخضراء في الخلايا التي تلاحظها.
4. اعمل جدول بيانات لتسجل ملاحظاتك، ثم ارسم البلاستيدات الخضراء داخل الخلايا.

التحليل

1. **قارن** بين خصائص البلاستيدات الخضراء التي لاحظتها في الخلايا المختلفة.
2. **كوّن فرضية** لماذا تختلف أوراق النبات الخضراء في لونها؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

تجربة علمية

ما الذي يؤثر في معدل عملية البناء الضوئي؟

ارجع إلى دليل التجارب العملية على منصة عين الإثرائية

يحـوي النظامان الضوئيان (I و II) أصباغًا تمتـص الضوء، وبروتينات تؤدي دورًا مهمًّا في التفاعلات الضوئية.

تتبع الشكل **8—9** في أثناء قراءتك عن نقل الإلكترون.

- أولاً تحفـز الطاقة الضوئية الإلكترونات في النظـام الضوئي II، كما تؤدي الطاقـة الضوئية إلى تحلّل جزيء الماء منتجةً إلكترونًا واحدًا إلى نظام نقل الإلكترون وأيون هيدروجين H^+ (يسـمى أيضًا البروتون) -إلى الفراغ في الثايلاكويد – وكذلك الأكسجين (O_2) بوصفه ناتجًا غير مُستخدم.
- تنتقـل الإلكترونات المُحفزة مـن النظام الضوئي II إلى جزيء مسـتقبل للإلكترون يوجد في غشاء الثايلاكويد.
- ينقل الجزيء المسـتقبل للإلكترون لاحقًا الإلكترونات عبر سلسـلة من نواقل الإلكترون إلى النظام الضوئي I.
- ينقل النظام الضوئـي I مع وجود الضوء الإلكترونات إلى بروتين يسـمى فيرودوكسـين، ويتم تعويض الإلكترونات المفقـودة في النظام الضوئي **I** بإلكترونات من النظام الضوئي II.
- وأخيرًا ينقل بروتين فيرودوكسين الإلكترونات إلى ناقل الإلكترون $NADP^+$ مكوِّنًا الجزيء المخزن للطاقة NADPH.

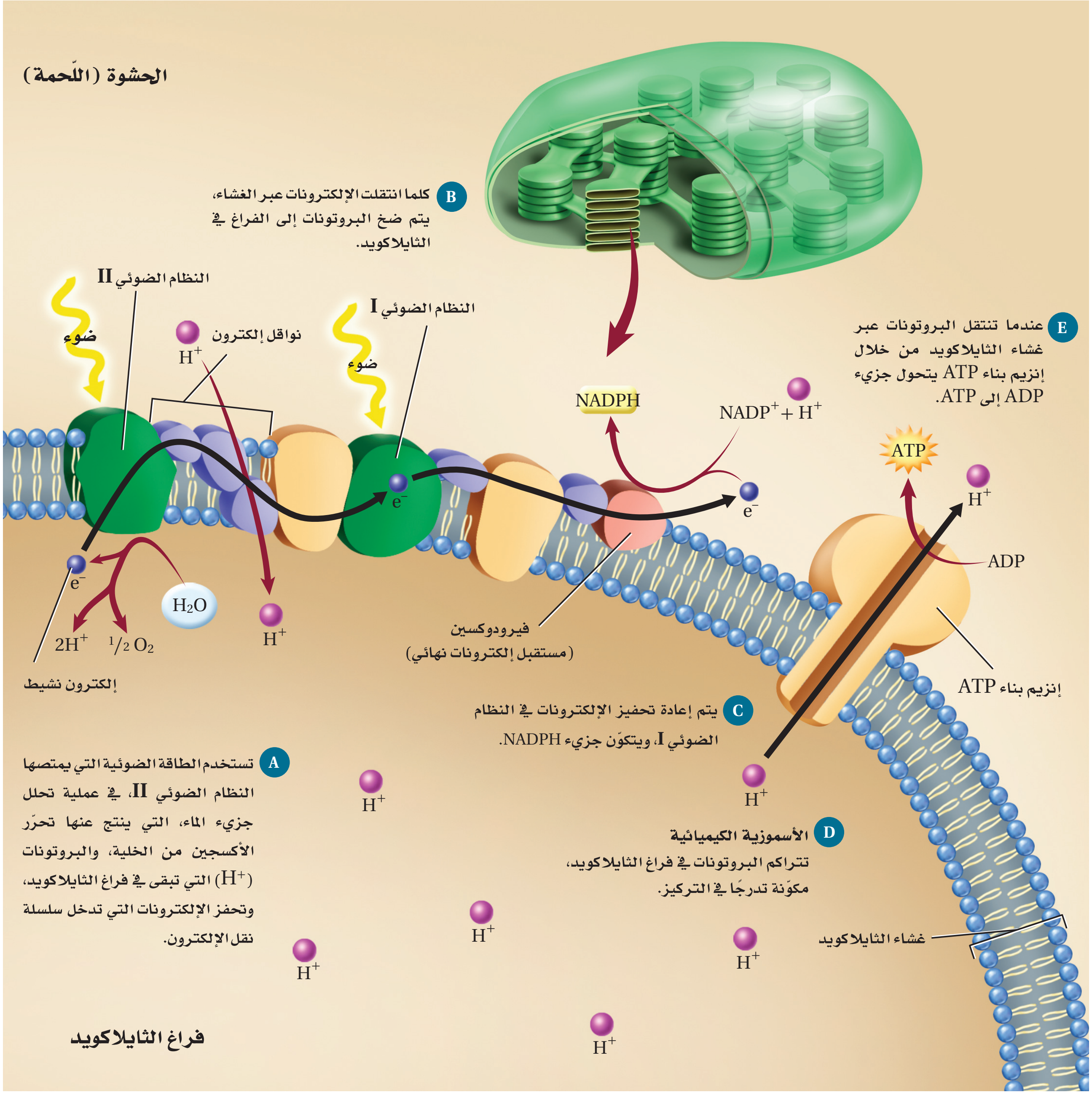
الأسموزية الكيميائية Chemiosmosis بالتزامن مع نقل الإلكترون يتم إنتاج جزيء ATP بعملية تسـمى الأسـموزية الكيميائية، وهي عملية يتم فيها إنتاج ATP نتيجة انتقال الإلكترونات مع تدرّج التركيز. ولا تقتصر أهمية عملية تحلل جزيء الماء على توفير الإلكترونات اللازمة لبدء سلسـلة نقل الإلكترون فقط، بل توفر أيضًا البروتونات H^+ الضرورية لتنشـيط عملية بناء جزيء ATP خلال عملية الأسـموزية الكيميائية. وتتراكم أيونـات H^+ التي تحررت خلال عملية نقل الإلكترون على الجانب الداخلي للثايلاكويد. وبسـبب التركيز العالي من أيونات H^+ داخل الثايلاكويد وانخفاض تركيزها في الحشوة، تنتقل أيونات H^+ مع تدرّج التركيز من داخل الثايلاكويد إلى الحشوة عبر قنوات أيونية في الغشاء، كما في **الشـكل 8–9**، وهذه القنوات عبارة عن إنزيمات تسـمى إنزيمات بناء الطاقـة (ATP synthases). وكلما انتقلت أيونات H^+ عبر إنزيمات بناء الطاقة تكوّن ATP في الحشوة.

ماذا قرأت؟ **لخّص** وظيفة الماء في أثناء الأسـموزية الكيميائية في عملية البناء الضوئي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

نقل الإلكترون Electron Transport

■ **الشـــكل 8–9** تنتقل الإلكترونات النشيطة من جزيء إلى آخر على طول غشاء الثايلاكويد في البلاســـتيدة الخضراء. وتستخدم الطاقة الناتجة عن الإلكترونات في تكوين فرق في تركيز أيونات البروتونات H^+، وكلما انتقلت البروتونات مع تدرج التركيز تضاف مجموعة فوسفات إلى جزيء ADP، فتكوّن جزيء ATP.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

المرحلة الثانية : حلقة كالفن Phase two: Calvin Cycle

علـى الرغم من أن جزيئات NADPH و ATP تـزود الخلايا بكميات كبيرة من الطاقة إلا أنها جزيئات غير مسـتقرة بصورة كافيـة حتى تُخزن الطاقة الكيميائية فتـرات زمنية طويلة. لـذا هناك مرحلة ثانيـة من عملية البناء الضوئي تسـمى **حلقة كالفن** calvin cycle، يتم فيها تخزين الطاقة فـي جزيئات عضوية مثل الجلوكـوز. وتعد حلقة كالفن من التفاعلات التـي لا تعتمد على الضوء. تتبّع **الشكل 9-9** في أثناء دراستك خطوات حلقة كالفن.

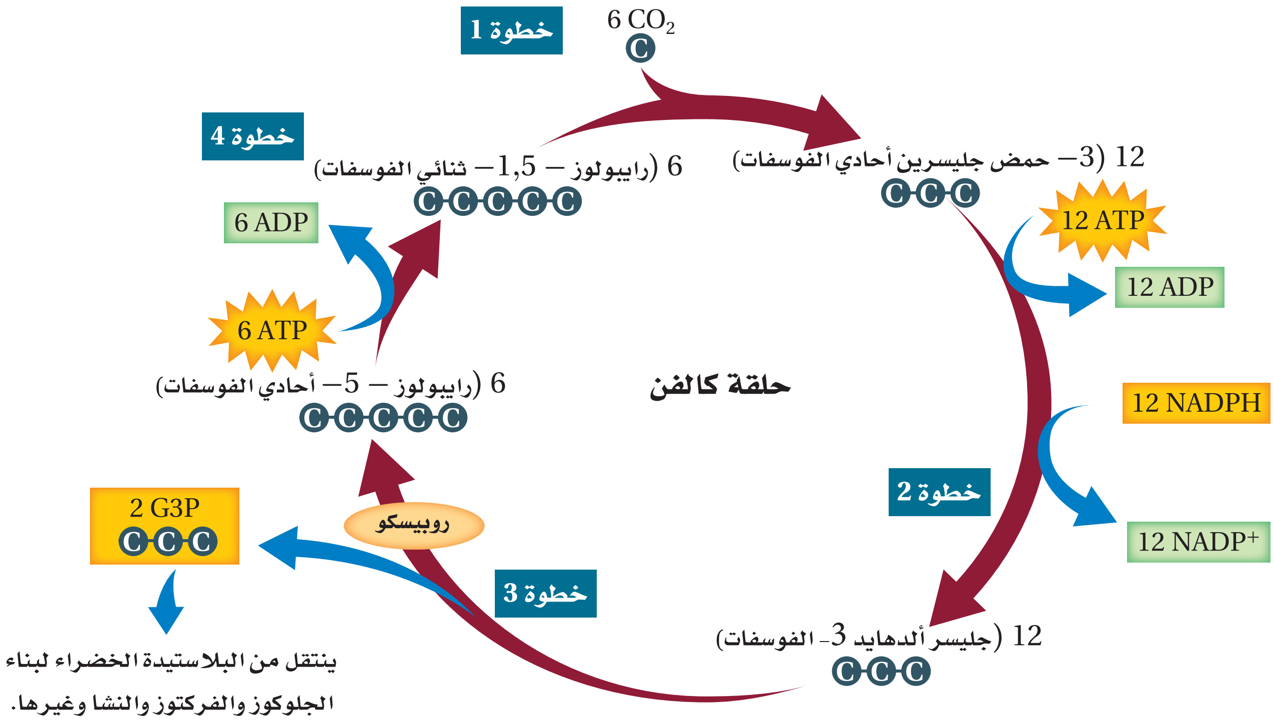
- في الخطوة الأولى من حلقة كالفن تتحد سـتة جزيئات من CO2 الجوي مع ستة جزيئات من سكر الرايبولوز الثنائي الفوسفات (سكر خماسي الكربون) تسـمى هذه العملية (تثبيت الكربون) لينتج 6 جزيئات من مركب سداسـي الكربون.
- فـي الخطوة الثانيـة، تنتقل الطاقـة الكيميائية المخزنة فـي جزيئات ATP و NADPH إلى جزيئات **(3-PGA)** لتكوين جزيئات ذات طاقة عالية تسمى جليسـر ألدهايد 3- الفوسـفات **(G3P)**. فجزيئـات ATP تحفز مجموعة الفوسـفات على تكوين **(G3P)**، في حين يوفر جـزيء NADPH أيونات الهيدروجين والإلكترونات.
- فـي الخطوة الثالثة، يخرج جزيئـا **(G3P)** من الحلقة ليسـتخدما في إنتاج الجلوكوز ومركبات عضوية أخرى.
- في الخطوة النهائية من حلقة كالفن يحول إنزيم يسـمى **روبيسكو** rubisco، الجزيئات العشـرة المتبقية من **(G3P)** إلى سـتة جزيئات خماسية الكربون تسـمى رايبولوز -5-أحادي الفوسـفات، التي تتحول فيما بعد إلى سـتة جزيئات من رايبولوز 5،1- ثنائي الفوسفات **(RuBp)**. تتحد هذه الجزيئات مجددًا مع جزيئات جديدة من ثاني أكسيد الكربون لإعادة الحلقة مرة أخرى. ويعد إنزيم روبيسكو واحدًا من أهم الإنزيمات الحيوية؛ لأنه يحول جزيئات CO_2 غير العضويـة إلى جزيئات عضوية تسـتخدمها الخلية. بالإضافة إلى اسـتخدام السكر الناتج عن حلقة كالفن مصدرًا للطاقة فإن النبات يستخدمه بوصفه وحدات بناء أساسـية في الكربوهيدرات المعقدة، ومنها السيليلوز الذي يوفر الدعم للنبات.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

اختصاصي كيمياء النبات

Phytochemist عالـم الأحيـاء الـذي يـدرس النواتـج الكيميائية للنباتـات، ويقوم بالأبحـاث الطبية لإيجاد علاجات جديدة للأمراض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 9–9** تربط حلقة كالفن ثاني أكسـيد الكربون مع الجزيئـات العضوية داخل الحشوة في البلاستيدات الخضراء.
حدِّد المركـب الذي يخزن الطاقـة في نهاية حلقة كالفن.

مسارات بديلة Alternative Pathways

تؤثر البيئة التـي يعيش فيها المخلوق الحي في قدرته علـى القيام بعملية البناء الضوئي؛ فالبيئة التي لا يوجد فيها كميات كافية من الماء أو ثاني أكسيد الكربون تقلل من قدرة المخلـوق الحي الذي يقوم بعملية البنـاء الضوئي على تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. فمثلاً تتعرض النباتات التي تعيش في البيئات الجافـة والحارة إلى فقـدان كميات كبيرة من الماء؛ مما يقلـل من عملية البناء الضوئي. وتحوي النباتات التي تعيش في مناخات قاسـية مسـارات بديلة في عملية البناء الضوئي تمكّنها من تحويل الحد الأقصى من الطاقة.

نباتات C_4: C_4 plants وهب الله – سـبحانه وتعالى – للنباتات تكيفًا في أحد المسارات التي تساعدها على الحفاظ على عملية البناء الضوئي بأقل حدّ ممكن من فقدان الماء، يسـمى مسـار C_4. ويحدث هذا المسار في نباتات منها قصب السكر والذرة، وتُسمى هذه النباتات نباتات C_4؛ لأنها تُثبِّت ثاني أكسيد الكربون وتربطه مـع مركبات رباعية الكربون بدلاً من مركبـات ثلاثية الكربون في أثناء حلقة كالفن، كمـا أن لنباتات C_4 تكيفات تركيبية مهمة فـي ترتيب الخلايا في الأوراق. وعمومـًا تعمل نباتات C_4 على إغلاق ثغورهـا في الأيام الحارة، في حين تنتقل المركبات الرباعية الكربون إلى خلايا خاصة، حيث يدخل فيها ثاني أكسـيد الكربون حلقة كالفن، مما يسمح باسـتهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون، ويقلل كمية الماء المفقودة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

نباتات أيض الحمض العشبي CAM plants من مسارات التكيف الأخرى التي تستخدمها النباتات للقيام بعملية البناء الضوئي بأقصى فاعلية مسار يُسمى أيض الحمض العشبي CAM (Crassulacean Acid Metabolism).

يحدث هذا المسار في النباتات التي تحتفظ بالماء وتعيش في الصحراء والمستنقعات المالحة وأي بيئة أخرى؛ حيث الوصول إلى الماء محدود جدًّا. ومنها الصبّار والسحلب والأناناس في **الشكل 10–9**، التي تسمح لثاني أكسيد الكربون بالدخول إلى الأوراق في الليل فقط، أي عندما يميل الجو إلى البرودة والرطوبة. وفي الليل تقوم النباتات بتثبيت ثاني أكسيد الكربون في مركبات عضوية. وفي أثناء النهار يتم تحرير ثاني أكسيد الكربون من هذه المركبات، ويدخل حلقة كالفن. كما يسمح هذا المسار باستهلاك كمية كافية من ثاني أكسيد الكربون وتقليل فقدان الماء.

الشكل 10–9 نبات الأناناس مثال على نباتات CAM.

التقويم 2-9

الخلاصة

- تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ تمتص الضوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية.
- تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن.
- في التفاعلات الضوئية، تمتص المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقة الضوئية، وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH.
- في حلقة كالفن تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات ومنها الجلوكوز.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **لخِّص** كيف تتكوّن الطاقة الكيميائية من الطاقة الضوئية في أثناء عملية البناء الضوئي.
2. **اربط** تركيب البلاستيدة الخضراء مع مراحل عملية البناء الضوئي.
3. **فسِّر** أهمية الماء في التفاعلات الضوئية.
4. **لخِّص** الخطوات في حلقة كالفن.
5. **ارسم** آلية نقل الإلكترون وفسّرها.

التفكير الناقد

6. **توقع** كيف تؤثر العوامل البيئية مثل كثافة الأشعة الضوئية ومستويات CO_2 في معدلات البناء الضوئي؟
7. الكتابة في علم الأحياء **ابحث** في آثار الاحتباس الحراري في عملية البناء الضوئي، واكتب مقالة تُلخّص فيها ما توصلت إليه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

رابط الدرس الرقمي
www.ien.edu.sa

9-3

التنفس الخلوي
Cellular Respiration

الأهداف

- **تلخّص** مراحل التنفس الخلوي.
- **تحدّد** دور نواقل الإلكترونات في كل مرحلة من مراحل التنفس الخلوي.
- **تقارن** بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.

مراجعة المفردات

البكتيريا الخضراء المزرقّة: نوع من البكتيريا، الذاتية التغذي، تقوم بعملية البناء الضوئي.

المفردات الجديدة

عملية لاهوائية
التنفس الهوائي
عملية هوائية
التحلّل السكري
حلقة كربس
التخمر

الفكرة الرئيسة تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.

الربط مع الحياة يجب أن تتغذى طيور الخرشنة القزوينية (خرشنة بحر قزوين) *Sterna caspia* باستمرار للتزود بالطاقة لاستمرار حياتها في أثناء هجرتها الشتوية إلى المملكة كل عام. وكذلك الإنسان والمخلوقات الحية الأخرى تحتاج إلى مصادر غذائية متنوعة تزودها بالطاقة الضرورية لبقائها ونموها.

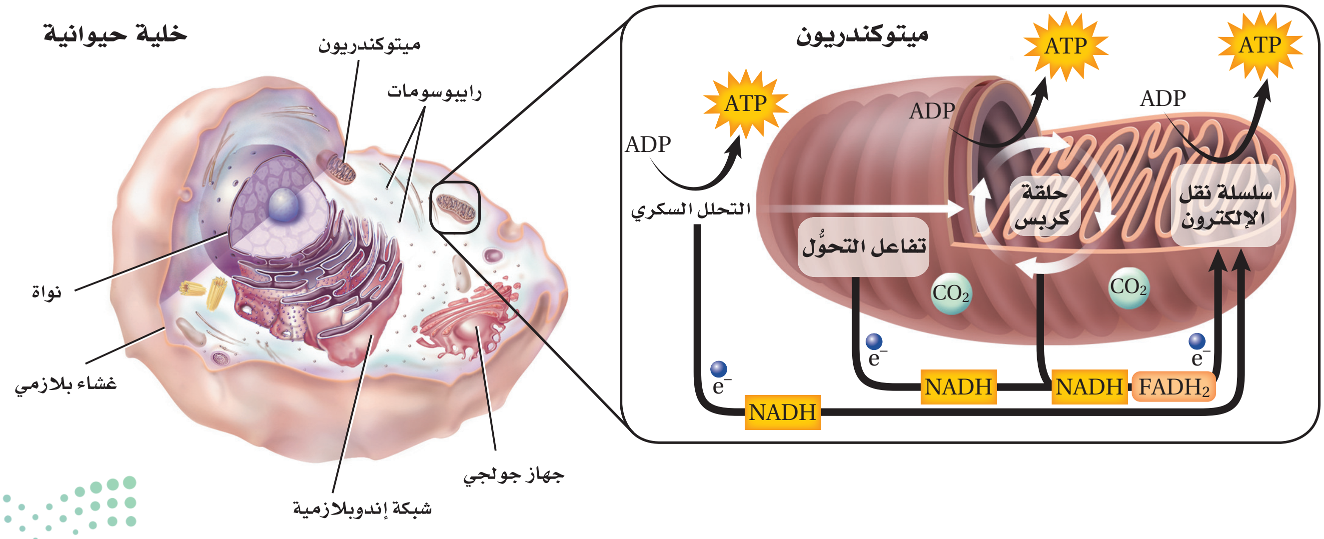
التنفس الخلوي Cellular Respiration

تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بعملية تسمى التنفس الخلوي. وتتمثل وظيفة التنفس الخلوي في جمع الإلكترونات من المركبات الكربونية، مثل الجلوكوز، واستخدام طاقتها في إنتاج جزيء ATP، الذي يزود الخلايا بالطاقة لتؤدي وظائفها. وتمثل المعادلة الآتية التنفس الخلوي:

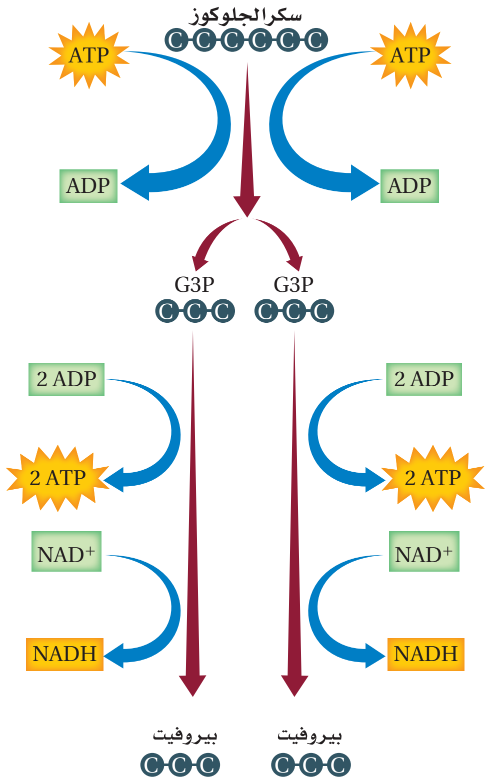
$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{طاقة}$$

لاحظ أن عملية التنفس الخلوي تحدث في عكس اتجاه عملية البناء الضوئي. يحدث التنفس الخلوي في مرحلتين رئيستين، هما: التحلل السكري والتنفس الهوائي. المرحلة الأولى: التحلل السكري **عملية لاهوائية** anaerobic process، لا تتطلب وجود الأكسجين. أما **التنفس الهوائي** aerobic respiration فيشمل حلقة كربس ونقل الإلكترون، وهو **عملية هوائية** aerobic process تتطلب وجود الأكسجين. ويلخص **الشكل 11–9** التنفس الخلوي الهوائي.

الشكل 11–9 يحدث التنفس الخلوي في الميتوكندريا التي تعد مصنع الطاقة في الخلية.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 12–9** يتحلل الجلوكوز خلال عملية التحلل السكري داخل سيتوبلازم الخلايا.
لخّص المواد المتفاعلة والناتجة عن عملية التحلل السكري.

التحلّل السكري Glycolysis

يتحلل الجلوكوز في السيتوبلازم خلال عملية **التحلل السكري** glycolysis. ويتكون جزيئان من ATP وجزيئان من NADH، عند تحلل جزيء واحد من الجلوكوز. تتبّع **الشكل 12–9** في أثناء قراءتك خطوات التحلل السكري.

أولاً: ترتبط مجموعتا فوسفات مع الجلوكوز بعد انفصالهما عن جزيئين من ATP. لاحظ أن التفاعلات التي تنتج طاقة الخلية تحتاج إلى طاقة بسيطة (جزيئين ATP) لكي تبدأ؛ حيث يتحلل جزيء الجلوكوز السداسي الكربون إلى مركبين ثلاثيي الكربون.

ثانيًا: تضاف مجموعتا فوسفات، ثم تتحد الإلكترونات وأيونات H^+ مع جزيئين من NAD^+ فيتكون جزيئان من NADH. يشبه جزيء NAD^+، جزيء NADP، وهو ناقل إلكترونات يُستخدم خلال عملية البناء الضوئي.

ثالثًا: تتحول أخيرًا المركبات الثلاثية الكربون إلى جزيئين من بيروفيت، وفي الوقت نفسه يتم إنتاج أربعة جزيئات ATP.

ماذا قرأت؟ **فسّر** لماذا يكون الناتج النهائي من الطاقة في عملية التحلّل السكري جزيئين فقط من ATP وليس أربعة جزيئات.

المفردات

أصل الكلمة

التحلل السكري Glycolysis

أصل الكلمة من اليونانية:

Glykys– وتعني "حلو".

lysis– وتعني "تحلل أو تحطم".

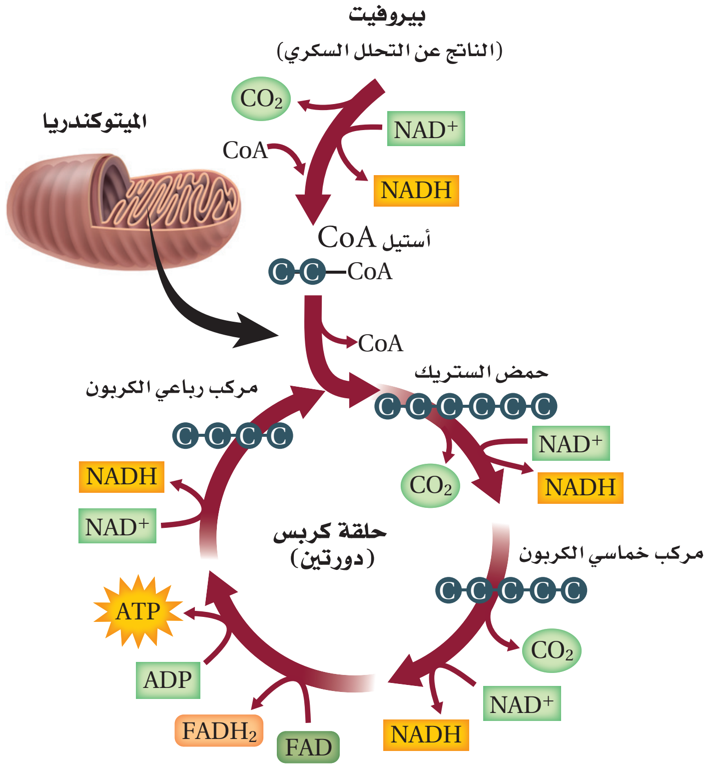
المطويات

ضمّن مطويتك معلومات من هذا القسم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

حلقة كربس Krebs Cycle

ينتج عن عملية التحلل السكري جزيئا ATP وجزيئان من البيروفيت، ومعظم الطاقة الناتجة عن تحلل سكر الجلوكوز لا تزال مخزنة في جزيئات البيروفيت. ينتقل البيروفيت في وجود الأكسجين، إلى الحشوة في الميتوكندريا؛ حيث يتحول في النهاية إلى CO_2. وتسمى سلسلة التفاعلات التي يتحلل فيها البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون **حلقة كربس** Krebs cycle أو دورة TCA (حمض الكربوكسيل الثلاثي)، ويشار إلى هذه الحلقة أيضًا بحلقة حمض الستريك.



■ **الشكل 13–9** يتحلل البيروفيت داخل الخلايا إلى ثاني أكسيد الكربون خلال حلقة كربس في الميتوكندريا.
تتبّع مسار جزيئات الكربون التي تدخل حلقة كربس وتخرج منها.

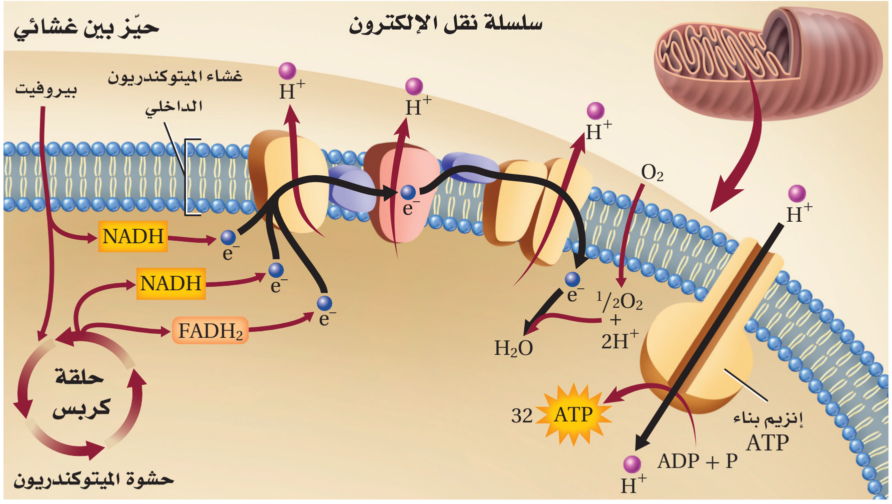
خطوات حلقة كربس Steps of Krebs cycle

قبل أن تبدأ حلقة كربس يتفاعل البيروفيت مع مرافق إنزيم– أ (CO–A)، فينتج مركب وسطي ثنائي الكربون يسمى أستيل مرافق الإنزيم– أ. وفي الوقت نفسه يتحرر غاز CO_2، ويتحول +NAD إلى NADH، ثم ينتقل أستيل CoA إلى الحشوة في الميتوكندريا. وينتج عن التفاعل جزيئان من CO_2 وجزيئان من NADH. تتبَّع **الشكل 13–9** في أثناء قراءتك خطوات حلقة كربس.

- تبدأ حلقة كربس بارتباط أستيل CoA مع مركب رباعي الكربون لتكوين مركب سداسي الكربون يسمى حمض الستريك.
- يتحلل حمض الستريك في سلسلة الخطوات اللاحقة من التفاعل، منتجًا جزيئين من CO_2 ومولّدًا جزيئًا واحدًا من ATP، وثلاثة جزيئات NADH وجزيئًا واحدًا من $FADH_2$. ويعد جزيء FAD ناقلًا إلكترونيًّا آخر شبيهًا بجزيء NAD^+ وجزيء $NADP^+$.
- وأخيرًا يتم إعادة تكوين أستيل CoA، وحمض الستريك لكي تستمر الحلقة. تذكر أن جزيئين من البيروفيت يتكونان خلال عملية التحلل السكري، مما يتنج عنهما دورتا كربس –لكل حلقة- من جزيء السكر الواحد. وتكون النواتج النهائية لحلقة كربس على النحو التالي: ستة جزيئات من CO_2، وجزيئي ATP، وثمانية جزيئات NADH وجزيئي $FADH_2$. تنتقل جزيئات NADH و $FADH_2$ لتؤدي دورًا مهمًّا في المرحلة التالية من التنفس الهوائي.

إرشادات الدراسة

جملة توضيحية اعمل مع أحد زملائك على قراءة النص ومناقشة الكلمات غير المألوفة والمفاهيم الصعبة. واكتب فقرة توضيحية تلخص فيها حلقة كربس.



■ الشكل 14–9 تحدث سلسلة نقل الإلكترون على طول غشاء الميتوكندريا.
قارن بين سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وعملية البناء الضوئي.

سلسلة نقل الإلكترون Electron Transport

تعد سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الهوائي الخطوة النهائية من عملية تحلل سكر الجلوكوز، وهي أيضًا النقطة التي يتم فيها إنتاج معظم جزيئات ATP. وتستخدم الإلكترونات العالية الطاقة وأيونات الهيدروجين من جزيئات NADH و $FADH_2$ التي أُنتجت في حلقة كربس لتحويل ADP إلى ATP.

ويمكنك تتبع هذه العملية كما يبين **الشكل 14–9**، والتي تحدث كالتالي:

أولاً: تنتقل الإلكترونات على طول غشاء الميتوكندريا من بروتين إلى آخر، وعندما تتحرر جزيئات الإلكترونات من نواقل الإلكترون NADH و $FADH_2$ فإنها تتحول إلى NAD^+ و FAD، وتتحرر كذلك أيونات الهيدروجين (H^+) في اتجاه حشوة الميتوكندريا.

ثانيًا: يتم ضخ أيونات H^+ من الحشوة عبر الغشاء الداخلي للميتوكندريا.

ثالثًا: بسبب اختلاف فرق التركيز لأيونات H^+ على جانبي الغشاء الداخلي للميتوكندريا فإنها تنتشر لتعود مرة أخرى من الحيز بين الغشائي للميتوكندريا (الأكثر تركيزًا من H^+) إلى الحشوة عبر الغشاء الداخلي مرورًا بجزيئات إنزيم بناء ATP بواسطة العملية الأسموزية الكيميائية. تتشابه عمليتا الأسموزية الكيميائية وسلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي مع العمليات التي تحدث في البناء الضوئي. ويعد الأكسجين المستقبِل النهائي للإلكترون في سلسلة نقل الإلكترون في عملية التنفس الخلوي؛ حيث تنتقل البروتونات والإلكترونات إلى الأكسجين لإنتاج الماء.

ينتج عن عملية نقل الإلكترون 24 جزيئًا من ATP. وكل جزيء NADH ينتج ثلاثة جزيئات ATP. ويعطي كل جزيء $FADH_2$ جزيئين من ATP. وفي المخلوقات الحية الحقيقية النواة ينتج عن تحلل كل جزيء من الجلوكوز 38 جزيئًا من ATP، يستهلك منهما الجزيئان اللذان ينتجان عن عملية التحلل السكري عند انتقال البيروفيت إلى حشوة الميتوكندريا.

المفردات

الاستعمال العلمي مقابل الاستعمال الشائع

التركيز Concentration

الاستعمال العلمي: الكمية النسبية من المادة المذابة في مادة أخرى.

تركيز أيونات الهيدروجين في جانب واحد من الغشاء أكبر من الجانب الآخر.

الاستعمال الشائع : الاهتمام، الانتباه.

كان تركيز الطلاب موجهًا نحو الامتحان.

مهن مرتبطة مع علم الأحياء

عالم الطاقة الحيوية

Bioenergeticist باحث يدرس انتقال الطاقة في الخلايا. وبعض علماء الطاقة الحيوية يدرسون الميتوكندريا وعلاقتها بالشيخوخة والمرض.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

ينتقل البيروفيت إلى الميتوكندريا في المخلوقات الحية الحقيقية النواة، أما في المخلوقات الحية البدائية النواة فهذه الخطوة غير ضرورية؛ إذ توفر على الخلية البدائية النواة جزيئين من ATP. ليصبح الناتج النهائي من عملية التنفس الخلوي 38 جزيئًا من ATP بدلًا من 36 جزيئًا في الخلايا الحقيقية النواة.

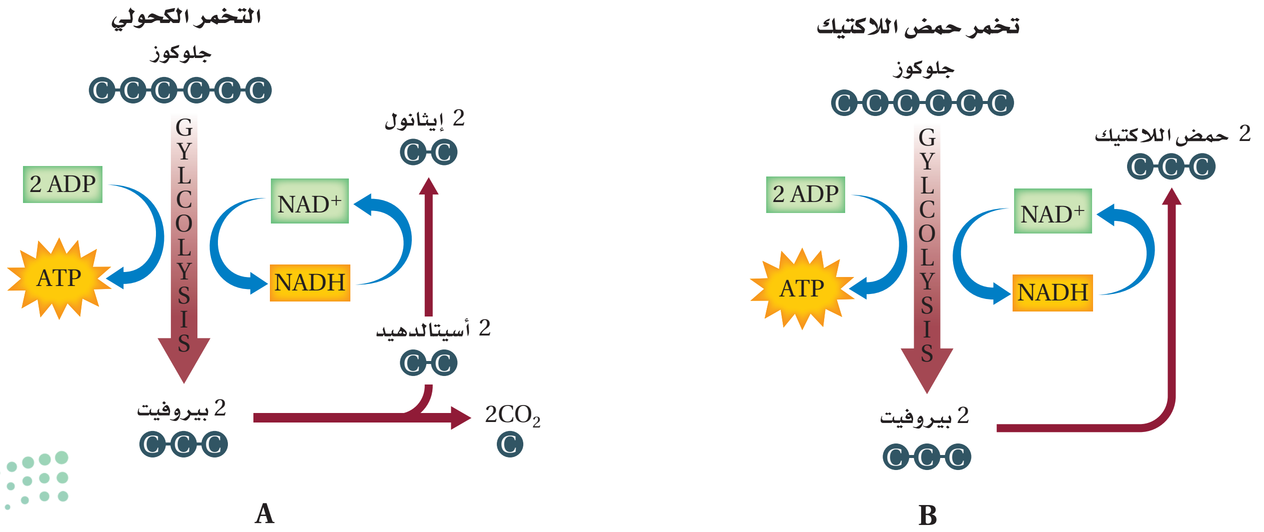
التنفس اللاهوائي Anaerobic Respiration

يمكن أن تعمل بعض الخلايا فترة زمنية قصيرة عندما تكون مستويات الأكسجين منخفضة. وبعض بدائيات النوى مخلوقات لاهوائية، أي تستطيع أن تنمو وتتكاثر دون وجود الأكسجين. وتستمر هذه الخلايا في بعض الأحيان في إنتاج ATP عن طريق التحلل السكري. ومع ذلك فهناك مشكلات تنتج عن الاعتماد على التحلل السكري وحده في الحصول على الطاقة. فالتحلل السكري يزود الخلية بجزيئي ATP فقط لكل جزيء جلوكوز. ولأن للخلية كمية محددة من جزيء NAD^+، تتوقف عملية التحلل السكري عند استهلاك جميع جزيئات NAD^+، وخصوصًا عند عدم وجود عملية تعوض النقص في هذه الجزيئات. فالمسار اللاهوائي الذي يتبع عملية التحلل السكري هو التنفس اللاهوائي أو التخمر. ويحدث **التخمر** fermentation في السيتوبلازم، وهو يعيد تزويد الخلية بجزيئات NAD^+، وينتج كمية قليلة من جزيئات ATP. والتخمر نوعان: التخمر اللبني (تخمر حمض اللاكتيك) والتخمر الكحولي.

الربط مع الصحة تخمر حمض اللاكتيك Lactic acid fermentation

عند تخمر حمض اللاكتيك تحوِّل الإنزيمات البيروفيت -الذي تكوّن في أثناء عملية التحلل السكري- إلى حمض اللاكتيك، كما في **الشكل 15–9 B**. وتضم العملية نقل الإلكترونات العالية الطاقة والبروتونات من NADH. وتنتج العضلات الهيكلية حمض اللاكتيك عند عدم وجود الأكسجين الكافي في الجسم نتيجة القيام بالتمارين الرياضية المجهدة مثلاً.

■ **الشكل 15–9** عند وجود الأكسجين بكمية محدودة أو عدم وجوده تحدث عملية التخمر.
قارن بين التخمر الكحولي والتخمر اللبني.



وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

وعندما يتجمع حمض اللاكتيك يحدث إجهاد للخلايا العضلية، وتشعر بالألم. كما ينتج حمض اللاكتيك بواسطة العديد من المخلوقات الحية الدقيقة التي تُستخدم في إنتاج أطعمة معينة، مثل الجبن واللبن الرائب (الزبادي) والقشدة الحامضة.

التخمّر الكحولي Alcohol fermentation يحدث التخمر الكحولي في الخميرة، وبعض أنواع البكتيريا. انظر **الشكل 15A–9** الذي يُبين التفاعل الكيميائي الذي يحدث في أثناء التخمر الكحولي؛ حيث يتحول البيروفيت إلى الكحول الإيثيلي وثاني أكسيد الكربون. وتوفر جزيئات NADH الإلكترونات، كما في تخمر حمض اللاكتيك، وتتحول إلى جزيئات NAD^+.

عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي
Photosynthesis and Cellular Respiration

كما تعلمت سابقًا فإن البناء الضوئي والتنفس الخلوي عمليتان مهمتان تستخدمهما الخلايا في الحصول على الطاقة، وهما من المسارات الأيضية التي تُنتِج الكربوهيدرات البسيطة وتحللها. ويبين **الشكل 16–9** الارتباط بين هاتين العمليتين.

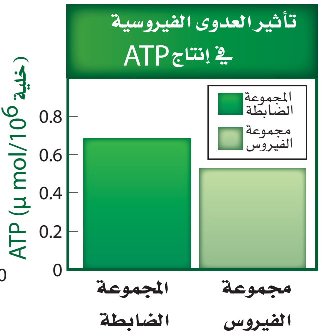
مختبر تحليل البيانات 9-1

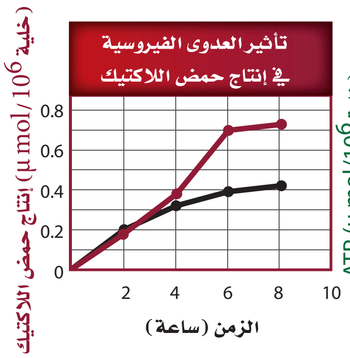
بناءً على بيانات حقيقية

فسّر البيانات

كيف تؤثر العدوى الفيروسية في التنفس الخلوي؟ يمكن للالتهابات الناجمة عن الفيروسات أن تؤثر في عملية التنفس الخلوي، وفي قدرة الخلايا على إنتاج ATP. ولاختبار أثر الالتهابات الفيروسية في مراحل التنفس الخلوي في الخلايا المصابة بالفيروسات تم قياس كمية حمض اللاكتيك وجزيئات ATP الناتجة.

البيانات والملاحظات





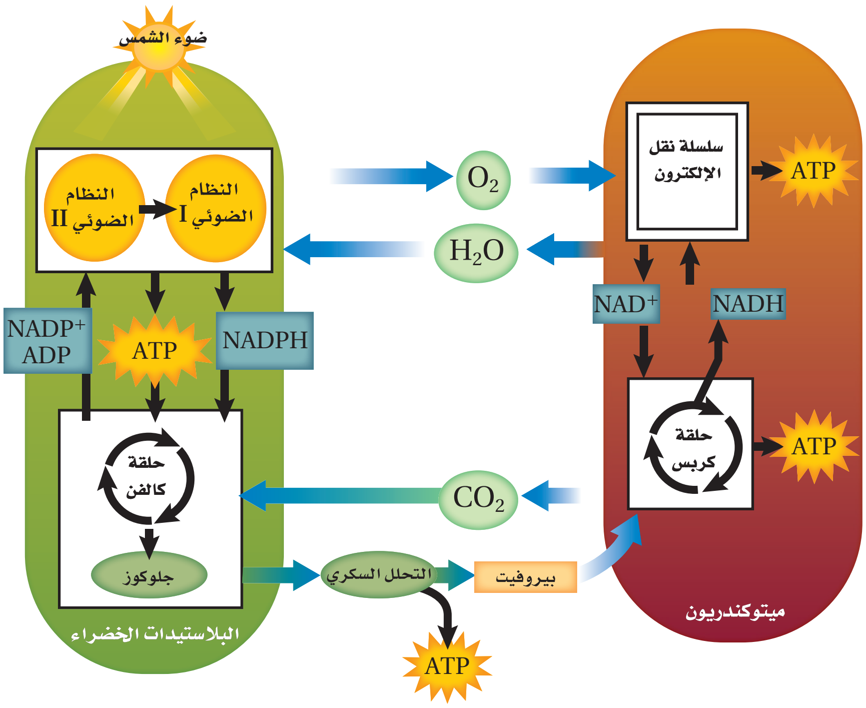
التفكير الناقد

1. **حلّل** كيف يؤثر الفيروس في إنتاج حمض اللاكتيك في الخلايا؟
2. **احسب** بعد مرور 8 ساعات، ما نسبة ارتفاع إنتاج حمض اللاكتيك في الفيروس مقارنة بالمجموعة الضابطة؟ وما نسبة انخفاض إنتاج جزيئات ATP؟
3. **استنتج** ما سبب شعور الإنسان المصاب بفيروس الأنفلونزا بالتعب الشديد؟

أُخذت البيانات في هذا المختبر من:

El– Bacha, T., et al. 2004. Mayaro virus infection alters glucose metabolism in cultured cells through activation of the enzyme 6– phosphofructo –1– Kinase. *Molecular and Celluar biochemistry*. 266: 191 – 198.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



■ **الشكل 16–9** تشكل عمليتا البناء الضوئي والتنفس الخلوي دورة؛ فالمواد الناتجة عن أحد هذه المسارات الأيضية تشكل مواد متفاعلة للمسار الأيضي الآخر.

تذكر أن المواد الناتجة عن عملية البناء الضوئي هي الأكسجين والجلوكوز، وهي المواد المتفاعلة التي تتطلبها عملية التنفس الخلوي. والمواد الناتجة عن عملية التنفس الخلوي هي ثاني أكسيد الكربون والماء، وهي المواد المتفاعلة اللازمة لعملية البناء الضوئي.

التقويم 3-9

الخلاصة

- تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز.
- تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري وحلقة كربس ونقل الإلكترون.
- NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي.
- تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

فهم الأفكار الرئيسة

1. الفكرة الرئيسة **سمِّ** الشكل النهائي من الطاقة الكيميائية الناتجة عن الخلايا في أثناء التنفس الخلوي.
2. **حدّد** ما عدد ذرات الكربون من جزيء جلوكوز واحد التي تدخل في دورة كربس واحدة؟
3. **فسِّر** كيف تُستخدم الإلكترونات العالية الطاقة في سلسلة نقل الإلكترون؟
4. **صِف** دور التخمر في الحفاظ على مستويات ATP و NAD^+.

التفكير الناقد

5. الرياضيات في علم الأحياء ما عدد جزيئات ATP و NADH و $FADH_2$ الناتجة في كل خطوة من خطوات التنفس الخلوي؟ كيف يختلف عدد جزيئات ATP الناتجة (الفعلية) عن عدد جزيئات ATP الكلية (المتوقعة)؟
6. **قارن** بين نوعي التخمر.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

مستجدات في علم الأحياء

البناء الضوئي الاصطناعي Artificial photosynthesis

على مدى عقود، كان تطوير الطاقة المتجددة يركز - إلى حد كبير- على توليد الطاقة الكهربائية. ولكن ما يزيد على 60% من الطاقة في العالم يوفرها الوقود الأحفوري على الرغم من آثاره السلبية على البيئة، خصوصًا ظاهرة الاحتباس الحراري؛ نتيجة للانبعاثات الكربونية إلى الغلاف الجوي الناتجة عن احتراق الكربون. ولكن هل يوجد بديل قابل للتطوير لا ينبعث عنه غازات ضارة؟

هناك تقنية واعدة تقوم على البناء الضوئي الاصطناعي، الذي يستخدم مواد غير حيوية لإنتاج الطاقة من ضوء الشمس مباشرة، حيث تعد الشمس مصدرًا متجددًا من مصادر الطاقة. ويجمع البناء الضوئي الاصطناعي بين هذه الميزات في تقنية قابلة للتطبيق واعدة بأمن الطاقة والاستدامة البيئية والاستقرار الاقتصادي.

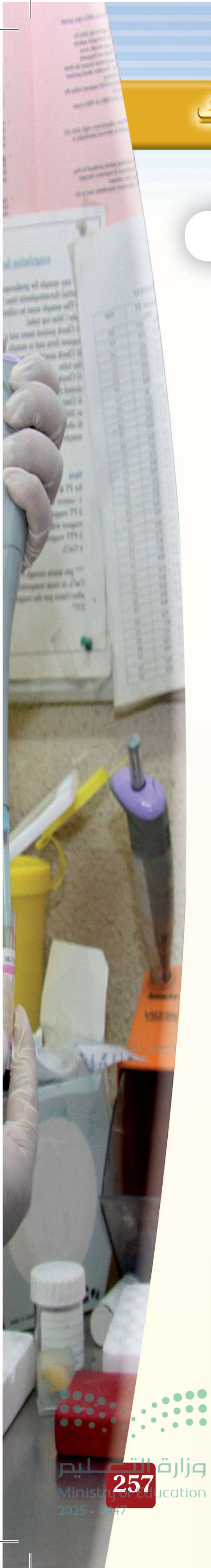
وفي حين يزودنا البناء الضوئي الطبيعي في النباتات بالطاقة التي يحولها من ضوء الشمس، فإن حدودًا كبيرة تقيد أداءه. فمن المعروف أن جزءًا بسيطًا من الطاقة الشمسية يستخدم فعليًّا في عملية البناء الضوئي في النباتات، ولا يتجاوز صافي تحويل الطاقة السنوية 1%، كما تستهلك كميات كبيرة من الطاقة داخل خلايا النبات للحفاظ على عملياتها الحيوية، ومنها عملية البناء الضوئي؛ ويخزّن الباقي من الطاقة في أشكال متعددة من المركبات الكربونية. ومع ذلك فإن البناء الضوئي الاصطناعي، المستلهم من البديل الطبيعي، أظهر إمكانية للأداء الفعال؛ حيث يوفر الطاقة في شكل يمكن استخدامه.

فكما يعمل الكلوروفيل على امتصاص الضوء في عملية البناء الضوئي الطبيعية، فإن المواد المناسبة مطلوبة لامتصاص ضوء الشمس اللازم لتكسير جزيئات الماء في الأنظمة الاصطناعية، كما يحتاج النظام أيضًا إلى محفزات لتسهيل الإنتاج الفعّال للوقود. ولا بد أن تكون هذه المحفزات عالية النشاط، ومستقرة.

كيف يمكن أن يبدو نظام البناء الضوئي الاصطناعي؟ الشكل الأساسي لهذا النظام عبارة عن لفافة رقيقة من طبقات تشبه البلاستيك – وهي كالقماش العالي الأداء في سترة المطر– يمكن بسطها وطيها حسب الحاجة. وتمتص الطبقة العلوية منها الماء وثاني أكسيد الكربون من الجو، أما الطبقة التالية فتمتص ضوء الشمس ومن ثم استخدامه في إنتاج الوقود. ومن خلال فصل الوقود عن طريق غشاء فإنه لن يتسرب إلى الهواء بل يمر عبر الجزء السفلي من الطبقات التي تشبه البلاستيك إلى صهريج تجميع لاستخدامه فيما بعد.

ينقسم الماء إلى غازي الهيدروجين والأكسجين بفعل أشعة الشمس. ومن الممكن تحويل غاز الهيدروجين إلى وقود سائل، أو حمله على التفاعل مع ثاني أكسيد الكربون، أو معالجته لإنتاج وقود سائل يمكن استخدامه في الحياة اليومية. وبدلًا من ذلك فإن المحفزات، كما في أنظمة البناء الضوئي الطبيعية، يمكنها تحويل غاز CO_2 مباشرة إلى ميثانول أو ميثان. لقد زودتنا التطورات الحديثة في علوم النانو والمواد والكيمياء والفيزياء بالأدوات اللازمة لتحقيق تقدم سريع في هذا المجال، لنستخدمها في إنتاج الطاقة النظيفة القادرة على توفير الأساس لمستقبل الطاقة الآمنة المستدامة.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447



مختبر الأحياء

صمم بنفسك

هل تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي؟

الخلفية النظرية: تحتاج المخلوقات الحية التي تعتمد على عملية البناء الضوئي إلى الضوء لإتمامها. يتكون الضوء الأبيض من ألوان مختلفة توجد في الطيف الضوئي المرئي. ولكل لون من الضوء طول موجي محدد. وفي هذا المختبر تصمم تجربة لاختبار أثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي.

سؤال: كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدلات حدوث عملية البناء الضوئي؟

المواد والأدوات

اختر المواد التي تراها مناسبة للتجربة التي تصممها.

- أنابيب اختبار سعتها (15 mL).
- مخبار مدرج سعته (10 mL).
- محلول صودا الخبز (% 0.25).
- مصباح مع عاكس ومصباح صغير بقدرة 150 واط.
- دورق زجاجي مخروطي.
- نبات مائي.
- ساعة إيقاف.
- مسطرة مترية.
- ورق سلوفان ملون.
- ورق ألومنيوم.

احتياطات السلامة

خطط ونفذ التجربة

1. املأ بطاقة السلامة في دليل التجارب العملية.
2. توقع كيف تؤثر أطوال الموجات الضوئية المختلفة في معدل حدوث عملية البناء الضوئي في النبات؟
3. صمّم تجربة لاختبار توقعك، واكتب قائمة بالخطوات التي تتبعها، وحدّد المجموعة الضابطة والمتغيرات التي ستستخدمها.
4. وضّح كيف تولد ضوءًا بأطوال موجية مختلفة؟ وزوّد النبات بثاني أكسيد الكربون، واحسب كمية الأكسجين التي ينتجها النبات.
5. اعمل جدول بيانات لتسجيل ملاحظاتك وقياساتك.
6. تأكد من موافقة معلمك على خطتك قبل بدء العمل.
7. ابدأ بإجراء تجربتك كما اتفق عليها.
8. **التنظيف والتخلص من الفضلات** نظّف جميع الأجهزة بحسب التعليمات، وأعد كل شيء استخدمته إلى مكانه المناسب. وتخلص من النبات بحسب توجيهات معلمك، ثم اغسل يديك جيدًا بالماء والصابون.

حلل ثم استنتج

1. **حدِّد** المجموعة الضابطة والمتغيرات في تجربتك.
2. **فسِّر** طريقة حسابك لمعدل حدوث عملية البناء الضوئي.
3. **مثِّل** بياناتك بالرسم.
4. **صف** كيف تأثّر معدل حدوث البناء الضوئي بأطوال الموجات الضوئية المختلفة بناءً على بياناتك؟
5. **ناقش** ما إذا كانت بياناتك تدعم توقعك أم لا.
6. **تحليل الخطأ.** حدّد مصادر الخطأ المحتملة في تصميم التجربة، وخطوات العمل وجمع البيانات.
7. **اقترحْ** كيف يمكنك تقليل مصادر الخطأ هذه إذا كررت التجربة؟

تواصل

مراجعة اعرض بياناتك على زملائك، ثم ناقش ما عرضه زملاؤك، واستخدم ملاحظاتهم في الصف لتحسين أدائك.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

دليل مراجعة الفصل

المطويات **قارن** ما أوجه التشـــابه والاختلاف بين عملية نقل الإلكترون في الميتوكندريا وعملية نقل الإلكترون في البلاستيدات الخضراء.

المفردات	المفاهيم الرئيسة
1–9 كيف تحصل المخلوقات الحية على الطاقة؟	
الطاقة الديناميكا الحرارية عملية الأيض التنفس الخلوي أدينوسين ثلاثي الفوسفات ATP	**الفكرة الرئيسة** **تستخدم جميع المخلوقات الحية الطاقة للقيام بوظائفها الحيوية.** • تسيطر قوانين الديناميكا الحرارية على انتقال الطاقة وتحولها من شكل إلى آخر في المخلوقات الحية. • تصنّع بعض المخلوقات الحية غذاءها بنفسها، في حين يحصل بعضها الآخر على الطاقة من الغذاء الذي يتناوله. • تُخزن الخلايا الطاقة وتحررها بتفاعلات الهدم والبناء. • الطاقة المتحررة من تحلل جزيء ATP تدعم الأنشطة الخلوية.
2–9 البناء الضوئي	
الثايلاكويد الغرانا الحشوة (اللُّحمة) الصبغة حلقة كالفن أنزيم روبسكو	**الفكرة الرئيسة** **تتحوّل الطاقة الضوئية بعد امتصاصها إلى طاقة كيميائية في أثناء عملية البناء الضوئي.** • تحتوي النباتات على بلاستيدات خضراء وأصباغ تمتص الضوء، وتحوّل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية. • تمر عملية البناء الضوئي بمرحلتين تضم تفاعلات ضوئية وحلقة كالفن. • في التفاعلات الضوئية تمتص المخلوقات الحية الذاتية التغذي الطاقة الضوئية وتحولها إلى طاقة كيميائية في صورة ATP و NADPH. • في حلقة كالفن تستخدم الطاقة الكيميائية المخزنة في جزيئات ATP و NADPH لإنتاج الكربوهيدرات مثل الجلوكوز.
3–9 التنفس الخلوي	
عملية لاهوائية التنفس الهوائي عملية هوائية التحلّل السكري حلقة كربس التخمر	**الفكرة الرئيسة** **تحصل المخلوقات الحية على الطاقة بتحليل الجزيئات العضوية في أثناء عملية التنفس الخلوي.** • تستخدم العديد من المخلوقات الحية عملية التنفس الخلوي لتحليل الجلوكوز. • تضم مراحل التنفس الخلوي التحلّل السكري، حلقة كربس ونقل الإلكترون. • NADH و $FADH_2$ نواقل إلكترونات مهمة جدًّا في عملية التنفس الخلوي. • تقوم الخلايا بعملية التحلل السكري بواسطة التخمر عند عدم توافر الأكسجين.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

9-1

مراجعة المفردات

اســتبدل الكلمة التي تحتها خط بكلمة أخرى من صفحة دليل مراجعة الفصل لتصبح الجملة صحيحة:

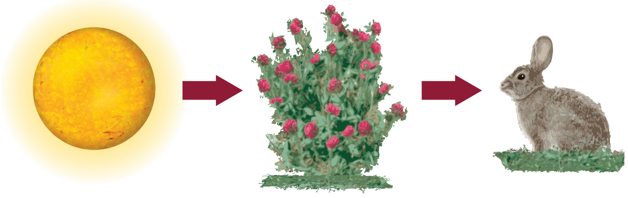
1. الذاتية التغذي جزيء الطاقة في الخلية.
2. تسمى دراسة تدفق الطاقة وتحويلها من شكل إلى آخر الطاقة.
3. توجد الطاقة الحيوية في أشكال كثيرة.
4. تسمى التفاعلات الكيميائية المتنوعة التي تنتج الطاقة في الخلية المخلوقات الحية الذاتية التغذي.
5. تتحول الطاقــة الضوئية إلى طاقة كيميائية خلال عملية ضوء الشمس.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

6. أيّ مما يأتي ليس من خصائص الطاقة؟
   a. لا يمكن أن تفنى أو تُستحدث إلا بمشيئة الله.
   b. القدرة على القيام بالعمل.
   c. توجد بأشــكال عدة، منها الكيميائيــة والضوئية والميكانيكية.
   d. تتغير تلقائيًّا من عشوائية إلى منظمة.

7. أيّ المخلوقات الحية الآتية تعتمد على مصادر خارجية للمركبات العضوية؟
   a. الذاتية التغذي.
   b. غير الذاتية التغذي.
   c. الذاتية التغذي الكيميائية.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 8.



8. أيّ مما يأتي في هذه السلسلة الغذائية يوفر الطاقة لجزء واحد آخر فقط؟
   a. الذاتية التغذي الكيميائية.
   b. غير الذاتية التغذي.
   c. الشمس.
   d. الذاتية التغذي الضوئية.

9. ما الذي تخزنه الخلايا وتطلقه بوصفه مصدرًا رئيسًـا للطاقة الكيميائية؟
   a. ATP .
   b. ADP^+ .
   c. $NADP^+$.
   d. NADPH .

أسئلة بنائية

10. **إجابة قصيرة.** فيـم تختلف المخلوقات الحية الذاتية التغذي وغير الذاتيــة التغذي في طريقة حصولها على الطاقة؟
11. **نهاية مفتوحة.** استخدم التشابه في وصف دور جزيء ATP في المخلوقات الحية.

التفكير الناقد

12. **صِف.** كيف تتحرر الطاقة من جزيء ATP؟
13. **اربط** بين تفاعلات الهدم والبناء، ثم وضح التشابه في العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

9-2

مراجعة المفردات

اختـر المصطلـح الصحيح مـن صفحة دليـل مراجعة الفصل، الذي يمثل كلًّا من التعريفات الآتية:

14. مكان حدوث التفاعلات الضوئية.

15. رزمة من أقراص الثايلاكويد.

16. جزيء ملون يمتص الضوء.

17. عملية يتم فيها تخزين الطاقة في الجزيئات العضوية.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم المعادلة الآتية للإجابة عن السؤال 18.

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow{\text{طاقة}} C_6H_{12}O_6 + ?$$

18. ما ناتج عملية البناء الضوئي الذي يتحرر إلى البيئة؟

a. CO_2.
b. H_2O.
c. O_2.
d. NH_3.

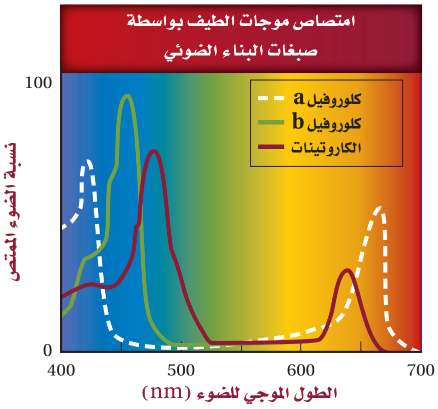
19. أيّ مما يأتي يمثل الغشاء الداخلي للبلاستيدة الخضراء المنظم في صورة أكياس غشائية مسطحة؟

a. الثايلاكويد.
b. الميتوكندريا.
c. الكيس (الغِمد).
d. الحشوة.

20. ما مصدر الطاقة اللازمة لبناء الكربوهيدرات في أثناء حلقة كالفن؟

a. CO_2 و ATP.
b. ATP و NADPH.
c. NADPH و H_2O.
d. H_2O و O_2.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 21.



21. مـا الطول الموجي للضوء الـذي تمتص عنده أصباغ الكاروتينات أعلى نسبة من الضوء؟

a. 400
b. 500
c. 600
d. 700

أسئلة بنائية

22. إجابة قصيرة. لخِّص مراحـل عملية البناء الضوئي، وصف أين تحدث كل مرحلة في البلاستيدة الخضراء؟

23. إجابة قصيرة. لماذا يعـد تحرير أيونات الهيدروجين ضروريًّا لإنتاج ATP في أثناء عملية البناء الضوئي؟

24. إجابـة قصيـرة. فسّـر لماذا تعتمد حلقـة كالفن على التفاعلات الضوئية.

التفكير الناقد

25. فسِّـر الجملة الآتية: الأكسـجين المتحـرر من عملية البناء الضوئي مجرد ناتـج ثانوي يتكون في أثناء إنتاج جزيئات ATP والكربوهيدرات.

26. توقَّع أثر فقـدان الغابات في عملية التنفس الخلوي عند المخلوقات الحية الأخرى.

27. صف مسارين بديلين لعملية البناء الضوئي في النباتات، واقترح كيف يمكن أن تساعد هذه التكيفاتُ النباتاتِ؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

9-3

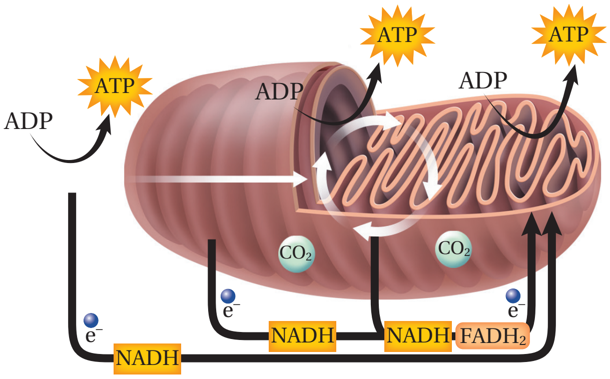
مراجعة المفردات

عرّف المفردات الآتية بجملة تامة:

28. حلقة كربس.
29. عمليات التنفس اللاهوائية.
30. التخمُّر.
31. هوائي.
32. التحلّل السكري.

تثبيت المفاهيم الرئيسة

استخدم الشكل الآتي للإجابة عن السؤالين 33 و 34.



33. ما العضية التي يوضحها الشكل أعلاه؟
   a. جهاز جولجي.
   b. الميتوكندريون.
   c. النواة.
   d. الشبكة الإندوبلازمية.

34. ما العملية التي لا تحدث في العضية في الشكل أعلاه؟
   a. التحلّل السكري.
   b. حلقة كربس.
   c. تحول البيروفيت إلى أستيل CoA.
   d. سلسلة نقل الإلكترون.

35. أيّ مما يأتي لا يعد من مراحل التنفس الخلوي؟
   a. التحلل السكري.
   b. حلقة كربس.
   c. سلسلة نقل الإلكترون .
   d. تخمر حمض اللاكتيك.

36. مـا الذي ينتج عند مغادرة الإلكترونات سلسـلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي وارتباطها مع المستقبِل النهائي للإلكترونات في السلسلة؟
   a. H_2O.
   b. O_2.
   c. CO_2.
   d. CO.

37. في نهاية عملية التحلل السكري، ما الجزيء الذي يتم فيه تخزين معظم الطاقة الناتجة عن الجلوكوز؟
   a. البيروفيت.
   b. أستيل CoA.
   c. ATP.
   d. NADH.

أسئلة بنائية

38. **إجابـة قصيـرة.** ناقش دور كل من NADH و $FADH_2$ في عملية التنفس الخلوي.

39. **إجابة قصيرة.** في التنفس الخلوي، ما مصدر الإلكترونات في سلسلة نقل الإلكترون؟ وما وجهتها النهائية؟

40. **إجابـة قصيـرة.** لماذا تشـعر بالألم في عضلاتك بعد القيام بتمارين رياضية مرهقة؟

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

التفكير الناقد

41. فسِّر. النواتج النهائية في عملية التنفس الخلوي هي: CO_2 و H_2O. من أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء CO_2؟ ومن أين جاءت ذرات الأكسجين في جزيء H_2O؟

42. استنتج. ما مزايا عمليات الأيض عند وجود الأكسجين (عمليات هوائية) مقارنة بعمليات الأيض عند غياب الأكسجين (عمليات لاهوائية) من حيث إنتاج الطاقة في المخلوقات الحية؟

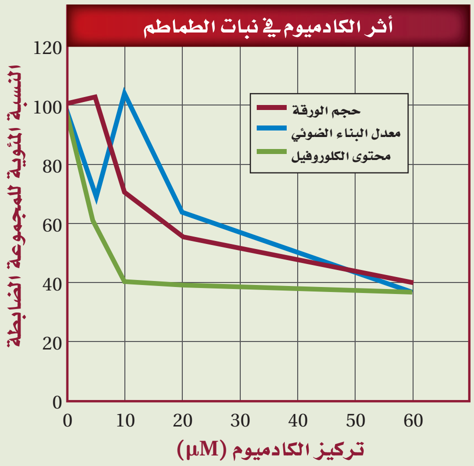
43. قارن بين نقل الإلكترون في عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

تقويم إضافي

44. الكتابة في علم الأحياء اكتب مقالة توضح أهمية النباتات في نظام بيئي مستخدمًا ما تعرفه عن العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس الخلوي.

أسئلة المستندات

الكادميوم من العناصر الثقيلة السامة للإنسان والنباتات والحيوانات. وعادة ما يوجد بوصفه أحد الملوثات في التربة. استخدم البيانات الآتية في الإجابة عن الأسئلة المتعلقة بتأثير الكادميوم في عملية البناء الضوئي في نبات الطماطم.



45. ما أثر عنصر الكادميوم في حجم الورقة، ومحتوى الكلوروفيل، ومعدل البناء الضوئي؟

46. أيّ تركيز من الكادميوم كان له الأثر الأكبر في حجم الورقة، وفي محتوى الكلوروفيل، وفي معدل عملية البناء الضوئي؟

47. توقع الآثار في عملية التنفس الخلوي إذا تناول حيوانٌ الطماطمَ الملوثة بالكادميوم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الاختيار من متعدد

1. أيّ الخطوات الآتية تحدث في حلقة كالفن؟

a. تكوين جزيئات ATP.

b. تكوُّن السكريات السداسية الكربون.

c. تحرير غاز الأكسجين.

d. نقل الإلكترونات بواسطة $NADP^+$.

2. أيّ تحولات الطاقة الآتية يحدث في المخلوقات الحية الذاتية التغذي فقط؟

a. من الطاقة الكيميائية إلى الطاقة الميكانيكية.

b. من الطاقة الكهربائية إلى الطاقة الحرارية.

c. من الطاقة الضوئية إلى الطاقة الكيميائية.

d. من الطاقة الميكانيكية إلى الطاقة الحرارية .

3. أيّ المركبات التي تحوي الكربون يتم إنتاجها خلال عملية التحلل السكري؟

a. أستيل CoA.

b. الجلوكوز.

c. حمض اللاكتيك.

d. البيروفيت.

4. أيّ الجزيئات الكبيرة الآتية يمكن أن تتكون باستخدام السكريات التي تنتج خلال عملية البناء الضوئي في النباتات؟

a. السيليلوز.

b. DNA.

c. الدهون.

d. البروتين.

5. ما مصدر الإلكترونات في مرحلة سلسلة نقل الإلكترون في التنفس الخلوي؟

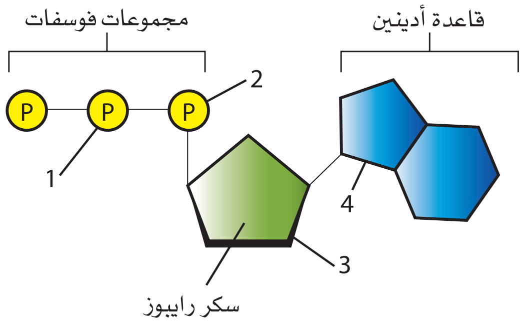
a. تكوُّن الأستيل CoA في أثناء حلقة كربس.

b. إنتاج جزيئات NADH و $FADH_2$ في أثناء حلقة كربس.

c. تخمر حمض اللاكتيك.

d. تكسير الروابط خلال عملية التحلل السكري.

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 6.



6. أيّ المجموعتين في جزيء ATP في الشكل أعلاه يجب أن تتكسر الرابطة بينهما حتى تتحرر الطاقة التي يستخدمها المخلوق الحي؟

a. 1 و 2

b. 2 و 3

c. 2 و 4

d. 3 و 4

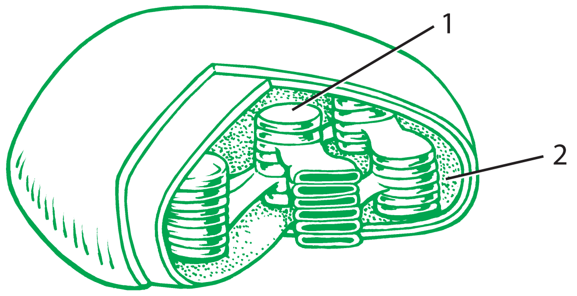
وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

7. أيّ مراحل البناء الضوئي تتطلب وجود الماء لإتمام التفاعل الكيميائي؟
a. عمل إنزيم بناء الطاقة ATP على ADP.
b. تحويل جزيئات GAP إلى RuBP.
c. تحويل $NADP^+$ إلى NADPH.
d. تحويل الطاقة الكيميائية لتكوين جزيئات GAP.

8. أيّ العمليات الخلوية الآتية تختزن الطاقة؟
a. تحلل سلسلة الدهون.
b. تحول ADP إلى ATP.
c. بناء البروتينات من كودونات RNA.
d. نقل الأيونات عبر الغشاء.

أسئلة الإجابات القصيرة

استخدم الشكل الآتي في الإجابة عن السؤال 9.



9. سمِّ الجزأين في الشكل أعلاه الذي يمثل بلاستيدة خضراء، وحدّد مراحل البناء الضوئي التي تحدث في كل جزء.

10. اربط بين روابط مجموعات الفوسفات في جزيء ATP وتحرير الطاقة عندما يتحول جزيء ATP إلى جزيء ADP.

11. كيف يمكن أن يكون المخلوق الحي ذاتي وغير ذاتي التغذي في الوقت نفسه؟

12. اذكر إنزيمين مرتبطين مع عملية البناء الضوئي، وصف دوريهما.

13. في أيّ أجزاء النبات تتوقع وجود خلايا تحوي أكبر كمية من البلاستيدات الخضراء؟ فسِّر إجابتك.

14. عادة ما يتحدث عدّاؤو المسافات الطويلة عن التدريب الذي يهدف إلى رفع العتبة اللاهوائية. العتبة اللاهوائية هي النقطة التي لا تحصل فيها عضلات معينة على كمية من الأكسجين تكفيها للقيام بالتنفس الهوائي، لذا تبدأ بالتنفس اللاهوائي. كوّن فرضية تبين أهمية رفع العتبة اللاهوائية للعدّائين المتنافسين.

15. افترض أن تركيز CO_2 في بيت زجاجي قد انخفض. فسّر كيف يمكن أن تتأثر عملية البناء الضوئي بهذا التغير، ثم توقع أثر ذلك في النباتات.

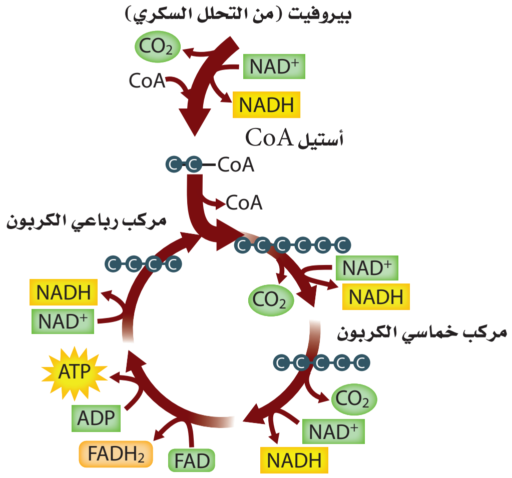
16. أيّ العمليات الحيوية تحدث في كل من غشاء الثايلاكويد وغشاء الميتوكندريا؟ أعط سببًا يفسر أهمية هذه العملية أو عدم أهميتها.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

اختبار مقنن

أسئلة الإجابات المفتوحة

استعمل الشكل الآتي للإجابة عن السؤال 17.



17. لخّص خطوات الحلقة في الشكل السابق.

سؤال مقالي

يتفاعل جسم الإنسان بصورة مستمرة مع البيئة؛ فهو يحصل على بعض المواد، ويخرج مواد أخرى. وللعديد من المواد التي يحصل عليها الإنسان دور محدد في المحافظة على العمليات الخلوية الأساسية ومنها التنفس، ونقل الأيونات وبناء الجزيئات الكبيرة المختلفة. كذلك، فإن العديد من المواد التي يخرجها الجسم هي فضلات ناتجة عن هذه العمليات الخلوية.

استخدم المعلومات في الفقرة أعلاه للإجابة عن السؤال الآتي في صورة مقال:

18. كيف يحصل الإنسان على المواد الضرورية لعملية التنفس الخلوي؟ وكيف يتخلص من فضلات هذه العملية؟

يساعد هذا الجدول في تحديد الدرس والقسم الذي يمكن أن تبحث فيه عن إجابة السؤال.

الصف	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1	2–1
الدرس / الفصل	9–2	9–1	9–3	9–2	9–3	9–1	9–2	9–1	9–2	9–1	9–1	9–2	9–2	9–3	9–2	9–2	9–3	9–3
السؤال	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

المصطلحات

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(أ)

أدينوسين ثلاثي الفوسفات adenosine triphosphate ATP: جزيء حيوي ناقل للطاقة، يدفع عند تحطمه الخليةَ للقيام بالأنشطة الخلوية.

الأُذين atrium: أحد حجرات القلب التي تستقبل الدم من الجسم.

الأنبوب الغربالي tracheid element: خلايا في اللحاء تحوي السيتوبلازم وليس بها نوى.

إنزيم روبسكو rubisco: إنزيم يحول ثاني أكسيد الكربون غير العضوي إلى مركبات عضوية خلال المرحلة الأخيرة من حلقة كالفن.

الأكسين auxin: هرمون نباتي ينتقل في اتجاه واحد فقط، أي بعيدًا عن الجانب الذي ينتج فيه ويسبب استطالة الخلايا.

الإثيلين ethylene: هرمون نباتي غازي يؤثر في نضج الثمار.

الانتحاء tropism: استجابة النبات لمؤثرات خارجية في اتجاه محدد.

الإندوسبرم endosperm: نسيج يوفر الغذاء للجنين النامي في بذرة النباتات المزهرة.

الإنبات germination: بداية نمو جنين البذرة.

استجابة الحركة Nastic responses: استجابة النبات التي تسبب الحركة بغض النظر عن اتجاه المنبه.

الأوعية الخشبية xylem: نسيج نباتي وعائي ينقل الماء والمعادن المذابة فيه من الجذور عبر النبات، ويتكوّن من الأوعية الخشبية والقصيبات.

(ب)

البروتين الناقل transport protein: بروتين ينقل المواد أو الفضلات عبر الغشاء الخلوي.

البطين ventricle: حجرتا القلب السفليتان، تضخ إحداهما الدم من القلب إلى الرئتين، والأخرى من القلب إلى جميع أنحاء الجسم.

البشرة epidermis: نسيج خارجي يشكّل الغطاء الخارجي للنبات.

البتلة Petal: تركيب ملون في الزهرة يجذب الملقّحات، ويشكّل محطة للوقوف عليها.

البلاستيدة الخضراء chloroplast: عضية ذات غشاء مزدوج، تلتقط الطاقة الضوئية وتحوّلها إلى طاقة كيميائية من خلال البناء الضوئي.

البوليمر Polymers: جزيئات مكونة من وحدات متكررة من مركبات متشابهة أو قريبة التشابه.

البيضة الرهلية الأمنيونية amniotic egg: بيضة توفر بيئة كاملة لنمو الجنين؛ فبالإضافة إلى كيس المح الذي يغذي الجنين هناك أغشية داخلية، وكذلك قشرة خارجية للحماية.

البذرة seed: تركيب نباتي متكيف في النباتات الوعائية تحوي الجنين ومواد مغذية، ومغطاة بطبقة واقية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(ت)

التحلل السكري glycolysis: عملية لاهوائية، وهي المرحلة الأولى من عملية التنفس الخلوي؛ حيث يتحلل سكر الجلوكوز إلى جزيئين من البيروفيت.

التخمر fermentation: عملية يتم فيها توليد جزيئات NAD^+، مما يسمح للخلايا بالقيام بعملية انحلال السكر في غياب الأكسجين.

التنفس الخلوي cellular respiration: مسار هدم، يتم فيه تحليل الجزيئات العضوية لإطلاق الطاقة اللازمة للخلية.

التنفس الهوائي aerobic respiration: عملية أيضية يتم فيها تحليل البيروفيت، وتستعمل الجزيئات الناقلة للإلكترون لإنتاج الطاقة ATP من خلال عملية انتقال الإلكترونات.

(ث)

ثابت درجة الحرارة endothermic: حيوان يمكن أن ينظم حرارة جسمه داخليًّا عن طريق عمليات الأيض.

الثدييات الكيسية marsupials: ثدييات تنمو صغارها لفترة قصيرة داخل الرحم، وبعد الولادة يستمر نموها فترة أطول داخل كيس (جراب).

الثدييات الأولية monotremes: ثدييات تتكاثر بوضع البيض. ومن الثدييات الأولية التي تعيش حاليًّا آكل النمل الشوكي ومنقار البط.

الثدييات المشيمية placental mammal: ثدييات لها مشيمة، تلد صغارًا مكتملة النمو لا تحتاج إلى النمو داخل كيس (جراب).

الثالوس Thallus: تركيب مجزأ ولين في الحشائش الكبدية.

ثنائية الحول biennial: نبات يتم دورة حياته في عامين.

ثايلاكويد thylakoid: يوجد في داخل البلاستيدات الخضراء، وهو أحد الأغشية المكدسة والمسطحة والمحتوية على الصبغات، وتحدث فيه التفاعلات الضوئية.

(ج)

جدار الخلية cell wall: الجدار الصلب في النباتات الذي يحيط بالغشاء البلازمي، ويتكون من السيليلوز، ويوفر الدعم والحماية للخلية.

الجزيئات الكبيرة Macromolecules: جزيئات ضخمة تتكون من ارتباط جزيئات عضوية أصغر.

جهاز وعائي مائي water vascular system: جهاز يمتلئ بالسوائل، وأنابيب مغلقة تمكّن شوكيات الجلد من ضبط الحركة والحصول على الغذاء.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

جهاز الخط الجانبي lateral line system: مستقبلات حسية تمكّن الأسماك من اكتشاف الاهتزازات أو الأمواج الصوتية في الماء.

جيوب بلعومية pharyngeal Pouch: أحد التراكيب الزوجية، متصل بأنبوب عضلي يبطّن تجويف الفم والبلعوم في أجنة الحبليات.

الجبريلينات Gibberellins: مجموعة هرمونات نباتية تنتقل بواسطة الأنسجة الوعائية، وتؤثر في نمو البذرة، وتنبه انقسام الخلايا، وتسبب استطالتها.

الجُذير radicle: الجزء الأول من الجنين، الذي ينمو من البذرة، ويبدأ بامتصاص الماء والمواد المغذية من البيئة.

(ح)

حبليات chordates: حيوانات من شعبة الحبليات لها حبل عصبي ظهري أنبوبي، وحبل ظهري، وجيوب بلعومية، وذيل خلف شرجي في بعض مراحل النمو.

حبل ظهري notocord: تركيب مرن يشبه القضيب، ويمتد على طول جسم الحبليات، ويمكّن الجسم من الانثناء منتجًا حركات من جانب إلى جانب آخر.

حبل عصبي ظهري أنبوبي dorsal tubular nerve cord: حبل عصبي في الحبليات يشبه الأنبوب، يستقر فوق أعضاء الهضم.

الحضانة incubation: تعني إبقاء الظروف ملائمة لفقس الصغار، وترقد الطيور على البيض لحضنه.

حويصلة عضلية ampulla: كيس عضلي يوجد في شوكيات الجلد ينقبض لدفع الماء إلى الأنبوب القدمي، مما يؤدي إلى تمدده.

الحجاب الحاجز diaphragm: صفيحة عضلية تقع تحت الرئتين، تفصل التجويف الصدري عن التجويف البطني في الثدييات.

الحمل gestation: مدة زمنية يتم خلالها نمو الجنين في الرحم قبل أن يولد، وتعتمد مدتها على نوع المخلوق الثديي.

الحامل البوغي strobilus: وهو تجمّع متراصّ من التراكيب الحاملة للأبواغ. وتنتشر الأبواغ الصغيرة التي ينتجها الحامل البوغي عادة بوساطة الرياح، وعندما يستقر البوغ في بيئة مناسبة، فإنه ينمو ليشكّل النبات المشيجي.

حلقة كالفن calvin cycle: تفاعلات لاضوئية تحدث في أثناء المرحلة الثانية من البناء الضوئي، يتم فيها اختزان الطاقة في الجزيئات العضوية مثل الجلوكوز.

حلقة كربس krebs cycle: سلسلة من التفاعلات، يتم فيها تحطيم البيروفيت إلى ثاني أكسيد الكربون داخل ميتوكندريا الخلايا، ويطلق عليها أيضًا اسم دورة الأحماض الثلاثية الكربوكسيل ودورة حمض الستيريك.

الحمض الأميني Amino acids: مركبات صغيرة مكونة من كربون ونيتروجين وأكسجين وهيدروجين وأحيانًا كبريت.

الحمض النووي nucleic acids: جزيئات كبيرة معقدة تخزن المعلومات الوراثية وتنقلها.

حبل ظهري notchord: تركيب مرن يشبه العصا، يمتد على طول جسم الحيوان الفقاري، ويساعد على انحناء الجسم وأداء حركاته الجانبية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(خ)

الخلايا البرنشيمية parenchyma cells: خلايا نباتية كروية الشكل رقيقة الجدران توجد في معظم أجزاء النبات، وتقوم بعملية البناء الضوئي وتبادل الغازات والحماية وخزن المواد وتعويض التالف من الأنسجة واستبدالها.

الخلايا الكولنشيمية collenchyma cells: خلايا نباتية طولية الشكل عادة، وتعطي النبات مرونة، كما توفر الدعم للأنسجة المجاورة، وتقوم باستبدال الأنسجة التالفة أو إصلاحها.

الخلايا الإسكلرنشيمية sclerenchyma cells: خلايا نباتية تفتقر إلى السيتوبلازم والمكوّنات الحية الأخرى عندما تنضج، فتشكّل بذلك جدرًا خلوية سميكة قاسية توفر الدعامة للنبات كما تنقل المواد.

الخلية الحارسة Guard Cell: واحدة من الخلايا المزدوجة تعمل على فتح ثغور النباتات وإغلاقها عن طريق تغيير شكلها.

الخلية المرافقة companion cell: خلية نباتية ذات نواة تزود أجزاء الأنابيب الغربالية الناضجة بالطاقة اللازمة لنقل المواد المذابة في لحاء النباتات الوعائية.

الخشب xylem: هو النسيج الوعائي الناقل للماء، ويتألف من خلايا متخصصة، هي الأوعية الخشبية والقصيبات.

(د)

درع بطني plastron: الجزء البطني لدرع السلحفاة.

الدرع الظهري (الواقي) carapace: الجزء الظهري من صدفة السلحفاة.

ديناميكا حرارية thermodynamics: دراسة تدفق الطاقة وتحولها في الكون.

(ذ)

ذيل خلف شرجي Postanal tail: تركيب في الحبليات يستخدم بشكل أساسي في الحركة.

(ر)

ريش feather: نمو متخصص لجلد الطيور يستعمل للطيران والعزل.

ريش زغبي down feather: ريش طري تحت ريش الطائر المحيطي، وظيفته العزل عن طريق حجز الهواء.

ريش محيطي contour feather: ريش ذو قصبات يغطي جسم الطائر وأجنحته وذيله، ويحدد شكل الجسم.

الرايزوم Rhizome: ساق تحت أرضية سميكة للخنشار تعمل كعضو مخزن للغذاء.

الرحم uterus: عضو عضلي أنثوي يشبه الكيس، ينمو الجنين داخله.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(ز)

زعنفة fin**:** تركيب يشـبه المجذاف في السـمكة أو بعض المخلوقات المائية الأخرى يسـتعمل للسباحة والاتزان والاندفاع.

(س)

السبلات Sepals**:** أعضاء زهرية تحمي البرعم الزهري.

السويقة تحت الفلقية hypocotyl**:** منطقة من الساق الأقرب إلى البذرة.

السايتوكاينينات Cytokinins **:** هرمونات تحفز النمو، يتم إنتاجها في الخلايا السريعة الانقسام. وهي تنتقل إلى الأجزاء الأخرى من النبات عبر أوعية الخشب.

سداة stamen**:** أعضاء التكاثر الذكرية في معظم الأزهار؛ وتتكون من الخيط والمتك.

السنوي annual**:** نبات يكمل دورة حياته في فصل نمو واحد أو أقل

السوط Flagella**:** تغطي سطوح بعض الخلايا الحقيقية النواة، وتمتد خارج الغشاء السيتوبلازم.

(ش)

الشق البلعومي pharyngeal pouch**:** في أجنة الفقاريات، أحد التراكيب المزدوجة، يربط بين الأنبوب العضلي الذي يبطن تجويف الفم والمريء.

(ص)

الصبغة pigment**:** جزيء ملون يمتص الضوء، مثل الكلوروفيل والكاروتين، ويوجد في الأغشية الثايلاكويدية للبلاستيدات الخضراء.

(ط)

الطاقة ATP **(أدينوسين ثلاثي الفوسفات):** جزيء حيوي يزود خلايا الجسم بالطاقة الكيميائية.

الطاقة energy**:** المقدرة على أداء شغل ، لا يمكن إنتاج الطاقة أو تدميرها من الإنسان ويمكن تحويلها فقط.

طبقة الليبيدات المفسفرة المزدوجة phospholipid bilayer**:** طبقات الغشاء البلازمي التي تتكون من جزيئات الدهون المفسفرة، تترتب بحيث تكون الرؤوس القطبية للخارج والذيول غير القطبية للداخل.

طاقة التنشيط Activation energy**:** الحد الأدنى من الطاقة اللازمة لحدوث التفاعل الكيميائي.

(ع)

عرف عصبي neural crest: مجموعة من الخلايا تتكون من الطبقة الخارجية للجنين وتساهم في تكوين العديد من تراكيب الفقاريات.

عظمة القص sternum: عظمة صدر كبيرة تتصل بها العضلات التي تستخدم في تحليق الطيور وطيرانها.

عضو جاكوبسون jacobson's organ: تركيب يشبه الكيس، يحس برائحة المواد، ويوجد على قاع التجويف الفمي للأفاعي.

العضيات organelles: مجموعة من التراكيب التي تنتشر داخل الخلية، وتقوم بوظائف محددة.

عملية التنفس اللاهوائي anaerobic process: عملية أيضية لا تتطلب وجود الأكسجين.

عملية التنفس الهوائي aerobic process: عملية أيضية تتطلّب وجود الأكسجين.

عملية الأيض metabolism: جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل جسم المخلوق الحي.

(غ)

الغدة gland: عضو أو مجموعة من الخلايا تفرز مادة تستعمل في مكان آخر في الجسم.

غدة دهنية (زيتية) oil gland: غدة تفرز الزيت، توجد بالقرب من قاعدة ذيل الطائر.

غدة لبنية mammary gland: غدة تنتج وتفرز الحليب لتغذية الصغير النامي وتوجد في الثدييات.

الغشاء الرامش nictitating membrane: جفن شفاف يتحرك على سطح العين، يحميها من الجفاف على اليابسة، ويحميها أيضًا تحت الماء، ويوجد في البرمائيات.

غشاء الطبلة ear drum: غشاء بيضوي الشكل، رقيق شبه شفاف، يفصل الأذن الوسطى عن الأذن الداخلية، ويسمى أيضًا طبلة الأذن.

الغشاء البلازمي plasma membrane: غشاء مرن، يمتاز بخاصية النفاذية الاختيارية التي تساعد على التحكم في المواد الداخلة والخارجة من الخلية.

الغرانا Grana: مجموعة من الأغشية المسطحة تشبه الكيس تترتب في رزم متراصة.

الغضروف cartilage: مادة مرنة قاسية، تكوّن هياكل الفقاريات أو أجزاء منها.

الغطاء الخيشومي operculum: قطعة متحركة واقية تغطي خياشيم الأسماك، وتساعد على ضخ الماء الذي يدخل الفم، ويتحرك فوق الخياشيم.

غلاف البذرة seed coat: طبقة من النسيج تتشكّل من تصلّب الأغلفة الخارجية للبويضة.

الغشاء الرهلي (الأمنيون) amnion: غشاء يُحيط بالجنين مباشرة، مملوء بسائل رهلي يحمي الجنين خلال فترات نموّه.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(ف)

الفلقة cotyledon: تركيب في البـذرة يخزن الغذاء أو يسـاعد على امتصاص الغذاء للنبات البوغي في النباتات الوعائية البذرية.

الفترة الضوئية Photoperiodism: استجابة النبات أو الحيوان إلى طـول فترة الضوء أو الظلمة التي يتعرض لها.

الفتـرة الحرجة The critical period: بداية نمو الزهرة في كل نـوع من النبـات اسـتجابةً لعدد من ساعات الظلام.

(ق)

قـدم أنبوبيـة tube feet: قدم عضليـة صغيرة، أنابيب تمتلئ بالسـائل وتنتهي بماصة تشبه الفنجان، تمكِّن شـوكيات الجلد مـن الحركة وجمع الغذاء.

القشـرة المخية cerebral cortex: طبقة من المخ كثيرة الانثناءات، مسـؤولة عن تنسـيق النشاطات الإرادية، والذاكرة، والمقدرة على التعلّم.

القشور scales: تراكيب صغيرة، منبسطة، تشبه الصفيحة توجـد قريبة من سـطح الجلد عنـد معظم الأسـماك، يمكن أن تكون دائرية أو معيَّنية أو لوحِيّة أو مشطية الشكل.

القصيبات tracheids: خلايـا نباتية طويلة أسـطوانية الشـكل يمر فيها الماء من خلية إلى أخرى عبر نهايات مثقَّبة.

(ك)

كيس هوائي air sac: فـي الطيور، تركيب خلفـي وأمامي يسـتخدم فـي التنفـس، يسـبب جريانـًا للهواء المؤكسج فقط خلال الرئتين.

الكمبيوم الوعائي vascular Cambium: أسـطوانة رقيقة من الأنسجة المرستيمية تنتج خلايا نقل جديدة.

الكمبيوم الفليني cork cambium: نسـيج مرسـتيمي يكوِّن خلايا ذات جدران قاسـية تشكّل طبقة واقية خارجية على السيقان والجذور.

الكربلة pistil: التركيب التكاثري الأنثوي في الزهرة؛ يتكوّن عادة من الميسم والقلم والمبيض.

الكيس البوغي (بثرة) sorus: تركيب في الخنشـار يتكوّن من تجمع المحافظ البوغية، ويقع عادة على السطح السفلي لورقة الخنشار.

الكُمون (الراحة) dormancy: وهي فترة لا يوجد فيها نموّ إطلاقًا، أو يوجد فيها نمو قليل جدًّا

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

(ل)

لافقاريات حبلية invertebrate chordates: حبليات بدون عمود فقري.

لواقط قدمية pedicellariae: تراكيب صغيرة تشبه الكلابات تساعد شوكيات الجلد على إمساك الأجسام الغريبة عن الجلد وإزاحتها.

اللافقاري الحبلي invertebrate chordate: حيوان حبلي بدون دعامة ظهرية.

اللحاء phloem: نسيج نباتي وعائي يتكون من الأنابيب الغرباليـة والخلايا المرافقة وينقل السكريات المذابة والمركبات العضوية الأخرى من الأوراق إلى الساق والجذور ومن الجذور إلى السيقان والأوراق.

اللُّحمة stroma: حيز يحيط بالجرانا مملوء بسائل تحدث فيه التفاعلات التي تعتمد على الضوء.

(م)

مصفاة madreporite: فتحة شبيهة بالمصفاة، حيث تدخل المياه إلى النظام الوعائي المائي في أغلب شوكيات الجلد.

متغير درجة الحرارة exothermic: حيوان لا يمكن أن ينظم درجة حرارة جسمه بوساطة عملياته الأيضية، ويحصل على حرارة جسمه من البيئة الخارجية.

مثانة عوم swim bladder: فراغ داخلي مملوء بغاز في الأسماك العظمية تسمح لها بتنظيم طفوها في الماء.

المحفز Catalyst: مادة تقلل طاقة التنشيط التي يتطلبها بدء التفاعل الكيميائي.

المجمع cloaca: الحجرة التي تستقبل فضلات الهضم، وفضلات البول، والبيوض أو الحيوانات المنوية قبل أن تغادر الجسم، يكون في البرمائيات.

المُخيخ cerebellum: جزء من الدماغ مسؤول عن توازن الجسم وتنسيق حركاته.

المشيمة placenta: في معظم الثدييات، عضو متخصص يوفر الغذاء والأكسجين للجنين النامي، ويخلصه من الفضلات

المخروط cone: تركيب يحوي التراكيب التكاثرية الذكرية أو الأنثوية في السيكادا وغيرها من معرّاة البذور.

مَحفظة الأبواغ sporangium: كيس يحوي أبواغًا يحفظها ويحميها من الجفاف.

معدل الأيض metabolism: جميع التفاعلات الكيميائية التي تحدث في جسم المخلوق الحي.

المعمر perennial: نبات يستطيع العيش سنوات عديدة.

الموقع النشط Active site: موقع ارتباط المادة المتفاعلة مع الأنزيم.

(ن)

النسيج الأساسي ground tissue: نسيج نباتي يتكوّن من خلايا برنشيمية وكولنشيمية وإسكلرنشيمية.

النسيج المولد Meristematic tissue: تكون مناطق تنقسم خلاياها بسرعة وهي ذات أنوية كبيرة وفجوات صغيرة تتحول أثناء نموها إلى أنواع عديدة ومختلفة من خلايا النبات.

نواتان قطبيتان polar nuclei: نواتان في مركز البوغ الأنثوي الكبير في النباتات الزهرية.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447

النبـات الهوائي epiphyte: نبـات يعيش متعلقًا بنبات آخر أو جسم آخر. وعندما تنمو النباتات الهوائية عند قمم الأشجار تصبح بيئة أخرى مناسبةً للحشرات والحيوانات الصغيرة عند قمة أشجار الغابة.

النبـات السنوي annual : نبات يكمل دورة حياته في فصل نمو واحد أو أقل.

النباتـات المعمـرّة perennial : نباتـات يمكـن أن تعيش سنوات عدة.

نباتـات النهـار القصيـر Short-day plants: تزهـر عندمـا تتعرض يوميًا لعدد من سـاعات الظلام أكبر من الفترة الحرجة لها.

نباتـات النهـار الطويـل Long-day plants: تزهـر عندمـا تتعرض يوميًا لعدد من سـاعات الظلام أقل من الفترة الحرجة لها.

نباتـات النهـار المتوسـط Intermediate-day plants: تزهر عندما تتعـرض يوميًـا لعدد سـاعات الظلام المعتدل (ليس بالطويل ولابالقصير).

نباتـات النهـار المحايـد Day-neutral plants: تزهر عندما تتعرض يوميًا لكمية كافية من الضوء، بغض النظر عن عدد ساعات الظلام.

النفاذيـة الاختياريـة selective permeability: خاصيـة للغشاء البلازمي تسمح له بتنظيم مرور المواد من الخلية وإليها.

النمـوذج الفسيفسـائي السـائل fluid mosaic model: نموذج يوضح أن الغشاء البلازمي وما يحتويه من مكونات تتحرك بشـكل ثابـت، وينزلق بعضهـا فوق بعـض داخل طبقـة الليبيدات المزدوجة.

نيوكليوتيد nucleotide: وحدة فرعية من الحمض النووي، تتكون من سـكر بسـيط ومجموعة فوسـفات وقاعدة نيتروجينية.

(و)

الوحدة الأنبوبية الكلوية nephron: وحدة الترشيح في الكلية.

وضـع البيض (التبويـض) spawn : عملية تطلق فيها إناث الأسماك وذكورها أمشاجها بعضها بالقرب من بعض في الماء.

الوعـاء الخشـبي vessel element: خلايـا نباتية أنبوبية طولية الشـكل تكوّن أوعية الخشب توصل الماء والمواد المذابة.

(هـ)

الهـدب cilium: بروزات صغيرة تشـبه الشعيرات لها دور في حركة الخلية.

الهيكـل الخلـوي cytoskeleton: شـبكة داعمة من ألياف البروتينات، حيث توفر مساحات لعمل عضيات الخلية في السيتوبلازم.

وزارة التعليم
Ministry of Education
2025 - 1447